

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

***RICARDO ROCHA DE OLIVEIRA***

**UMA ANÁLISE OPERACIONAL DO PROCESSO PRODUTIVO EM OBRAS**  
**ESTUDO DE CASO EM TRÊS TECNOLOGIAS HABITACIONAIS**

Dissertação submetida ao  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção



0.262.106-2

UFSC-BU



Florianópolis  
Setembro de 1993

**UMA ANÁLISE OPERACIONAL DO PROCESSO PRODUTIVO EM OBRAS  
ESTUDO DE CASO EM TRÊS TECNOLOGIAS HABITACIONAIS**

***RICARDO ROCHA DE OLIVEIRA***

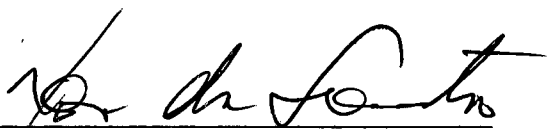
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

**MESTRE EM ENGENHARIA**

E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO ORIENTADOR E PELO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO.




Prof. Luiz Fernando M. Heineck, Ph.D  
Orientador



Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.  
Coordenador do Curso

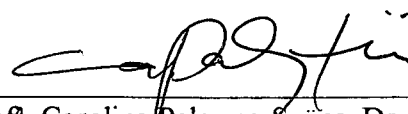
***Banca examinadora:***



Prof. Luiz Fernando M. Heineck, Ph.D  
Presidente



Eng.ª Andréa Panzeter, Ph.D



Prof. Carolina Palermo Szücs, Dr. Ing.



Prof. Humberto Ramos Roman, Ph.D

**Aos pais**

***José e Simeí, pelo carinho e incentivo***

**À**

***Ana, pelo amor que a gente vive***

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Luiz Fernando Heineck, pela orientação correta e zelosa durante todo o mestrado e no desenvolvimento da dissertação.

À Professora Ercília Hirota, pelo incentivo e apoio para ingresso no mestrado.

Aos colegas dos Programas de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Engenharia Civil da UFSC, pelo companheirismo e pela convivência que permitiram uma passagem enriquecedora no decorrer do mestrado. Em especial, aos colegas de Produção Civil/Gerenciamento das Construções, que através da troca de idéias sempre ajudaram a uma melhor compreensão das questões da nossa área de estudo e pelas sugestões e críticas feitas ao trabalho.

Aos professores e funcionários do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, pelo apoio durante todo o mestrado.

À CAPES, pelo apoio financeiro sob a forma de bolsas de estudo.

À COHAB/SC (Companhia de Habitação do Estado de Santa Catarina), especialmente na pessoa do Engenheiro Fontanella, por permitir o acesso a obra do estudo de caso e pelas informações fornecidas.

Aos construtores, engenheiros, encarregados de obra e operários participantes da execução do conjunto habitacional *CAMINHO NOVO*, pela abertura e disposição no fornecimento de informações, nas visitas realizadas a obra.

À Engenheira Maria Angélica Covelo Silva, pela indicação de bibliografias e pelo fornecimento de informações.

Ao Professor Fernando Barth, pelo interesse no tema e disposição na apresentação de sugestões e críticas ao trabalho.

Ao Abbas, pela amizade durante o curso e pela ajuda na confecção de desenhos de representação do processo produtivo.

À Aldanei, pela ajuda na organização das referências bibliográficas e pela verificação do texto quanto a sua forma de apresentação.

À família, pelo carinho e incentivo sempre presentes.

À Ana, colega, amiga, companheira, fortaleza sempre ao lado nos novos caminhos.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xii</b>
 <b>1- INTRODUÇÃO .....</b>	 <b>1</b>
1.1 Apresentação .....	1
1.2 Justificativa .....	1
1.3 Formulação da situação-problema .....	2
1.4 Motivação para o tema e escolha do local do estudo de caso .....	2
1.5 Objetivos e organização do trabalho .....	3
1.6 Limitações e pressupostos .....	4
 <b>2- PROCESSO PRODUTIVO DA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL:</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS E FORMAS DE MELHORIA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Conceitos preliminares .....	5
2.1.1 Definição de tecnologia construtiva .....	5
2.1.2 Definição de processo produtivo da construção habitacional .....	7
2.2 O processo produtivo na construção habitacional .....	9
2.2.1 Características do processo produtivo na construção habitacional .....	9
2.2.2 Características da produção de conjuntos habitacionais .....	14
2.2.3 As características da construção habitacional e suas consequências sobre a melhoria dos processos .....	15
2.3 Melhoria do processo produtivo da construção através das operações e de seu seqüenciamento em obras .....	16
2.3.1 O estudo do trabalho na construção.....	17
2.3.2 O estudo dos tempos em obras e sua utilização na compreensão do processo produtivo da construção.....	19
2.3.3 A racionalização da construção e a análise do processo produtivo.....	22
2.3.4 Formas de execução das unidades.....	23
2.3.4.1 Repetição, aprendizagem e continuidade.....	23
2.3.4.2 Interdependência entre atividades.....	26
2.3.5 O conceito de construtibilidade.....	28

<b>3- FORMAS DE OBTENÇÃO DOS DADOS PARA ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE HABITAÇÕES .....</b>	<b>32</b>
3.1 Os instrumentos para obtenção dos dados .....	32
3.1.1 Divisão das etapas de execução da unidade habitacional: Serviço, atividade, operação, tarefa .....	32
3.1.2 Fluxograma do processo .....	35
3.1.3 Macro-fluxo do processo.....	36
3.1.4 Distorções em relação à sequência estabelecida no macro-fluxo do processo.....	38
3.2 Descrição do projeto CAMINHO NOVO - Local do estudo de caso.....	41
3.2.1 Descrição geral do projeto.....	41
3.2.2 Características do projeto da habitação.....	41
3.2.3 Características das tecnologias adotadas no projeto.....	41
<b>4- DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO EM CADA TECNOLOGIA ....</b>	<b>44</b>
4.1 Introdução.....	44
4.2 Processo construtivo tradicional (PCT) .....	44
4.2.1 Etapas para execução da unidade (PCT) .....	44
4.2.2 Macro-fluxo do processo de execução da unidade (PCT) .....	50
4.2.3 Distorções em relação ao macro-fluxo estabelecido para o processo (PCT) .....	55
4.2.4 Ordem de execução das atividades (PCT) .....	58
4.3 Sistema construtivo com blocos de concreto intertravados (Travablocos).....	60
4.3.1 Etapas para execução da unidade (Travablocos) .....	60
4.3.2 Macro-fluxo do processo de execução da unidade (Travablocos) .....	64
4.3.3 Distorções em relação ao macro-fluxo estabelecido para o processo (Travablocos) .....	68
4.3.4 Ordem de execução das atividades (Travablocos) .....	70
4.4 Sistema construtivo com peças de concreto pré-moldadas (PPM) .....	70
4.4.1 Etapas para execução da unidade (PPM) .....	70
4.4.2 Macro-fluxo do processo de execução da unidade (PPM) .....	74
4.4.3 Distorções em relação ao macro-fluxo estabelecido para o processo (PPM) .....	79
4.4.4 Ordem de execução das atividades (PPM) .....	80

<b>5- DISCUSSÃO SOBRE AS TECNOLOGIAS ADOTADAS E SEUS REFLEXOS SOBRE O PROCESSO PRODUTIVO .....</b>	<b>81</b>
5.1 Etapas para execução da unidade habitacional .....	81
5.2 Interdependência entre atividades e sequência executiva .....	87
5.3 Canteiro de obras .....	89
5.4 Utilização equipamentos e mão-de-obra .....	92
5.4.1 Ferramentas e equipamentos .....	92
5.4.2 Mão-de-obra .....	93
5.5 Aspectos de construtibilidade .....	95
5.5.1 Número e complexidade de atividades e operações .....	95
5.5.2 Forma de execução da unidade: inter-relacionamento e sequência executiva .....	97
<b>6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>101</b>
6.1 Visão geral do trabalho .....	101
6.2 Conclusões .....	102
6.3 Sugestões para futuros trabalhos .....	103
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE I : CONCEITO SOBRE DE CONSTRUTIBILIDADE .....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO I : FLUXOGRAMAS DO PROCESSO .....</b>	<b>114</b>

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

Figura 2.1 - Sistema de Classificação da Tecnologia Construtiva (Tatum, 1988) .....	7
Figura 2.2 - Combinação de técnicas e métodos construtivos no processo produtivo de edificações .....	9
Figura 2.3 - Mobilidade dos operários dentro do canteiro de obras .....	10
Figura 2.4 - Aumento da produtividade no assentamento de tijolos com a adoção do método de Gilbreth, segundo Barnes [1977] .....	18
Figura 2.5 - Repercussão de interrupções sobre o tempo unitário de concretagem de casas .....	24
Figura 2.6 (a) - Consumo de homens-hora para construção de casas geminadas (Pigott, 1974) .....	25
Figura 2.6 (b) - Núm. de visitas para executar as casas geminadas (Pigott, 1974) .....	25

### CAPÍTULO 3

Figura 3.1 - Divisão das etapas da obra, conforme Halpin e Woodhead [1976] .....	32
Figura 3.2 - Serviços, operações e atividades de uma construção .....	34
Figura 3.3 - Símbolos utilizados no fluxograma do processo .....	36
Figura 3.4 - Macro-fluxo da produção de edificações .....	37
Figura 3.5 (a) - Atividades realizadas de forma sequencial .....	39
Figura 3.5 (b) - Sobreposição parcial de atividades .....	39
Figura 3.5 (c) - Sobreposição total de atividades .....	39
Figura 3.6 (a) - Atividades realizadas em uma etapa .....	39
Figura 3.6 (b) - Atividade 1 realizada em duas etapas .....	39
Figura 3.7 (a) - Atividades realizadas completamente .....	40
Figura 3.7 (b) - Atividade 1 realizada com arremate ou finalização .....	40
Figura 3.8 (a) - Atividades realizadas sem retrabalho .....	40
Figura 3.8 (b) - Atividade 1 realizada com retrabalho .....	40



## CAPÍTULO 4

Figura 4.1 - Macro-fluxo do processo produtivo na construção tradicional .....	54
Figura 4.2 - Locação iniciando sem prévia limpeza .....	56
Figura 4.3 - Arremate do revestimento externo junto a forras e marcos .....	57
Figura 4.4 - Retrabalho no revestimento externo .....	58
Figura 4.5 - Unidades habitacionais em estágios diferentes de execução .....	59
Figura 4.6 - Início da execução do reboco externo com as forras e marcos já colocados .....	60
Figura 4.7 - Macro-fluxo do processo produtivo no sistema Travablocos .....	67
Figura 4.8 - Execução da atividade rejunte das paredes .....	68
Figura 4.9 - Colocação de caixas para instalação elétrica após a execução da vedação .	69
Figura 4.10 - Macro-fluxo do processo produtivo no sistema de peças pré-moldadas ...	77
Figura 4.11 - Escavação para passagem de tubulação de esgoto .....	78
Figura 4.12 - Passagem de tubulação de esgoto ao nível da viga, com necessidade de arremate .....	79

## CAPÍTULO 5

Figura 5.1 - Tijolos inteiros assentados para formação do oitão .....	83
Figura 5.2 - Tijolos quebrados assentados para dar a inclinação do oitão .....	84
Figura 5.3 - Arremate do oitão com argamassa .....	84
Figura 5.4 - Blocos especiais assentados para formação do oitão .....	85
Figura 5.5 - Oitão acabado no sistema Travablocos .....	85
Figura 5.6 - Colocação de tesouras e oitões .....	86
Figura 5.7 - Oitões acabados no sistema de peças pré-moldadas .....	86
Figura 5.8 - Manuseio de areias e argamassa no canteiro .....	90
Figura 5.9 - Sobras de madeira ao lado de residência em execução .....	91
Figura 5.10 (a) - Simplificação de uma atividade através da redução do número de operações .....	96
Figura 5.10 (b) - Atividade ampliada, envolvendo operações de outros serviços .....	96

## LISTA DE QUADROS

### CAPÍTULO 2

Quadro 2.1 - Comparação entre os processos produtivos de indústrias apoiadas na estrutura fabril e a indústria da construção civil .....	13
Quadro 2.2 - Distribuição de tempos em diferentes classes de operações, obras na Austrália (Peer e North, 1971) .....	20
Quadro 2.3 - Causas dos tempos improdutivos, pesquisa de Peer e North [1971] .....	21
Quadro 2.4 - Proporção entre tempos produtivos e auxiliares e tempos improdutivos em obras na Nigéria, Olomolaye et al. [1987] .....	21
Quadro 2.5 - Causas dos tempos improdutivos, pesquisa de Olomolaye et al. [1987] ...	22
Quadro 2.6 - Comparação entre % de homens-hora por atividade em diversas obras (Griffith, s/data) .....	30

### CAPÍTULO 3

Quadro 3.1 - Tecnologias, número de empresas e número de habitações .....	42
---	----

### CAPÍTULO 4

Quadro 4.1 - Serviços e atividades na construção tradicional .....	52
Quadro 4.2 - Interdependência entre atividades na construção tradicional .....	53
Quadro 4.3 - Serviços e atividades no sistema Travablocos .....	65
Quadro 4.4 - Interdependência entre atividades no sistema Travablocos .....	66
Quadro 4.5 - Serviços e atividades no sistema de peças pré-moldadas .....	75
Quadro 4.6 - Interdependência entre atividades no sistema de peças pré-moldadas .....	76

### CAPÍTULO 5

Quadro 5.1 - Serviços e atividades em cada tecnologia .....	82
---	----

## RESUMO

O presente trabalho verifica o impacto do uso de diferentes tecnologias no processo produtivo da construção habitacional, com uma visão operacional dos serviços desenvolvidos em obras. Isto é feito através de um estudo de caso realizado durante a construção do conjunto habitacional *CAMINHO NOVO*, obra executada no município de Palhoça (Grande Florianópolis), no Estado de Santa Catarina, onde foram empregadas três tecnologias distintas na construção de habitações. Inicialmente faz-se uma revisão de bibliografias para caracterizar o processo produtivo da construção habitacional e para apresentar formas discutidas na literatura sobre sua melhoria, através das operações e do seqüenciamento das etapas construtivas. Define-se as formas de obtenção dos dados na obra e descreve-se o projeto do estudo de caso. A partir desta metodologia, evidenciam-se as etapas necessárias à execução de uma unidade, a sua lógica de execução, as condições do canteiro de obras e os materiais utilizados. A partir dos dados coletados e do embasamento da bibliografia, discute-se comparativamente as tecnologias, suas vantagens e desvantagens para melhoria do processo produtivo de obras. Conclui-se pela decisiva influência de opções tecnológicas sobre o desempenho da etapa construtiva de habitações.

## **ABSTRACT**

This work analyses the impact of the use of different technologies in the on-site construction process of house building, under an operational perspective of the works. This is done through a study case carried out during the construction of CAMINHO NOVO site - a project undertaken in Palhoça (a town which makes part of the area of Florianópolis), in the state of Santa Catarina - where three distinct technologies were used in house building. Firstly, a review of the literature is done in order to characterize the process of housing construction and to present the discussions on its improvement existing in literature, through the operations and construction sequence. Then, the ways the data collecting in the construction were done are defined and the project of the study case is described. Through this methodology, the on-site tasks necessary to the execution of a construction unit are presented, the logic of its execution, the conditions of the building site, and the materials used. Through the collected data and through the background literature, the technologies are comparatively discussed, as well as their advantages and disadvantages for the improvement of the on-site construction process. The work is concluded with the decisive influence of technological options over the performance of the progress of work in house building.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Apresentação

*Eles têm sucesso, não pelo uso de técnicas futuristas, mas pela atenção dedicada aos aspectos básicos da fabricação.*

Robert Hayes "Porque as fábricas japonesas funcionam"

*Via de regra é na própria natureza dos processos e dos produtos da construção civil, que devemos identificar as causas do baixo rendimento dos recursos aplicados*

Teodoro Rosso "Produtividade da construção"

A utilização de diferentes tecnologias na construção habitacional tem sido uma realidade crescente no Brasil e no mundo<sup>1</sup>. Busca-se através delas baratear as habitações, construí-las mais rapidamente ou com maior qualidade.

As tecnologias alteram os processos produtivos em diversos pontos: as fases necessárias para a construção da obra, a estrutura organizacional do canteiro, os materiais utilizados, a qualificação do pessoal envolvido. No presente trabalho verifica-se o impacto destas mudanças no desempenho do processo de construção de habitações e os caminhos para melhoria dos processos produtivos através do emprego de diferentes formas de construir.

Isto é feito através da observação dos reflexos da utilização de diferentes tecnologias sobre o processo produtivo de habitações, em um estudo de caso desenvolvido durante a execução do projeto *CAMINHO NOVO*, conjunto habitacional localizado no município de Palhoça (Grande Florianópolis), no estado de Santa Catarina. Nesta obra foram adotadas três tecnologias distintas para execução de unidades habitacionais idênticas. O projeto e as tecnologias estudadas estão apresentados no capítulo 3.

Como resultado são discutidos pontos que influenciaram o desempenho do processo produtivo na fase de construção, devido às diferentes formas de construir empregadas na obra.

### 1.2 Justificativa

Observa-se atualmente uma grande preocupação das empresas em relação à produção e à qualidade - fortemente influenciadas pela prática japonesa. Este caminho tem se mostrado importante no quadro competitivo atual. Hayes [1981], há mais de uma década, apontava que

---

1. A Associação Brasileira da Construção Industrializada (ABCI) lista 39 empresas com sistemas construtivos utilizados na construção habitacional, com tecnologias distintas. Relatório ABCI, atualizado até 1/fev/92

as empresas americanas vinham perdendo competitividade em relação às japonesas, principalmente por considerarem resolvido o problema da produção, buscando outras formas de competir (desenvolvimento de novos produtos, publicidade, distribuição). Para o autor, as empresas japonesas nunca deixaram de buscar melhorias através da produção, basicamente através apenas do progresso constante em pequenos passos e a concentração da atenção nos aspectos fundamentais da fabricação. Como salienta Hayes, é tão simples assim - e tão difícil.

Pode-se observar a importância das filosofias japonesas de administração através do grande número de publicações atuais acerca de conceitos como *Kanban/Just-in-time/TQC*, demonstrando a validade da questão levantada por Hayes.

É claro que este debate presente na literatura científica atual, a respeito das formas de condução dos processos de produção, não pode ser transposto diretamente para a construção civil. No entanto, permite estabelecer um paralelo, pois algumas pesquisas recentes, como a de Farah [1992], têm apontado para alterações no quadro competitivo do setor e demonstrado a movimentação de empresas na busca de melhoria dos processos produtivos da construção.

Além disso a grande carência de moradias atualmente estabelece uma situação em que se deve buscar ativamente tecnologias para baratear as habitações, bem como construí-las de forma mais rápida e com maior qualidade.

Estes pontos demonstram a importância desta pesquisa, ao buscar compreender o processo produtivo da construção habitacional e apontar as formas de sua melhoria para as empresas do setor.

### 1.3 Formulação da situação-problema

A construção habitacional utiliza várias tecnologias para a produção de moradias. Ao se utilizar diferentes tecnologias, há várias alterações no desenvolvimento das obras. Tendo em vista esta questão, levanta-se o seguinte problema:

- Quais as mudanças existentes nos processos produtivos da construção habitacional, em função do emprego de diferentes tecnologias e de que forma essas tecnologias afetam a utilização dos recursos?

Este é o problema específico a ser abordado.

### 1.4 Motivação para o tema e escolha do local do estudo de caso

A escolha do tema se deve ao interesse do autor em aprofundar-se no conhecimento da utilização de diferentes tecnologias nos processos produtivos da construção, a partir de um nível mais próximo ao operacional (ou chão de obra, para fazer um paralelo ao chamado chão de fábrica).

A opção pelas tecnologias ocorreu pela sua utilização no estado de Santa Catarina, através de programa habitacional de caráter popular, desenvolvido pela Secretaria de Habitação Estadual e executado pela COHAB/SC, nas proximidades de Florianópolis.

### 1.5 Objetivos e organização do trabalho

O objetivo principal deste trabalho é verificar os reflexos do emprego de diferentes tecnologias sobre o processo produtivo da construção de habitações, através de uma visão operacional da condução dos trabalhos em obras.

Para atingir este objetivo principal, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) conceituar processo produtivo da construção e tecnologias construtivas;
- b) caracterizar o processo produtivo da construção habitacional em geral e apresentar particularidades na construção de conjuntos habitacionais;
- c) realizar uma revisão da literatura sobre a melhoria do processo produtivo da construção, enfocando as operações e seu seqüenciamento na obra;
- d) descrever os instrumentos para obtenção dos dados de análise dos processos produtivos;
- e) apresentar dados sobre o projeto onde se realizou o estudo de caso;
- f) descrever as fases de construção em cada uma das tecnologias adotadas no projeto escolhido;
- g) comparar e discutir as diferentes formas de construir e seus reflexos sobre o desenvolvimento do processo produtivo no canteiro de obras, através das diferenças observadas nas tecnologias estudadas.

Visando cumprir os objetivos específicos, o trabalho foi organizado da seguinte maneira:

- o capítulo 2 corresponde a uma revisão de bibliografias e obtenção de informações sobre características do processo produtivo na construção habitacional e formas de sua melhoria, visando atingir os objetivos (a), (b) e (c);
- o capítulo 3 descreve as formas de obtenção dos dados e o projeto do conjunto habitacional *CAMINHO NOVO*, a fim de cumprir os objetivos (d) e (e);
- o capítulo 4 apresenta os dados obtidos durante a execução da obra escolhida para o estudo de caso, para realizar o objetivo (f);
- o capítulo 5 discute as alterações observadas com o estudo da obra e as melhorias no desempenho do processo, a partir dos dados apresentados no capítulo 4 e do embasamento obtido com a revisão bibliográfica do capítulo 2. Esta discussão corresponde ao cumprimento do objetivo específico (g);
- o capítulo 6 apresenta uma visão geral do trabalho, conclusões e apresenta recomendações para futuros trabalhos, surgidas durante a elaboração da dissertação.

## 1.6 Limitações e pressupostos

O trabalho apresenta algumas limitações e pressupostos abordadas a seguir.

A descrição do processo produtivo se restringiu à obra, não se observando trabalhos fora do canteiro.

Outro ponto é a restrição à avaliação apenas dos serviços que constituem a unidade habitacional. As partes referentes ao projeto urbanístico não foram estudadas, ou seja, não se verificou o processo produtivo de redes de água, esgoto e energia, arruamento e pavimentação e áreas comunitárias. As observações em obra se iniciaram com os serviços de movimentação de terra e arruamento já realizados.

O trabalho se limita a análise do processo de construção das habitações, ou seja, não realiza comparativos em outros itens das tecnologias, tais como: custo ou preço das unidades, custo em uso ou avaliações de desempenho do produto. Por isso, admite-se como pressuposto que as alterações nestes itens, se houverem, não invalidam a análise realizada nesta dissertação. No entanto, não se quer com isso que sejam desconsiderados os demais itens, que deveriam e devem ser levados em conta por órgãos promotores e fiscalizadores de programas habitacionais. O que se realiza no trabalho é uma metodologia de análise dos processos, independente dos outros itens - assim como se faz quando se analisa conforto térmico, segurança estrutural, etc.. Com isto, obtém-se informações sobre as operações e seu seqüenciamento, para melhoria da execução de obras, através de conceitos embutidos em uma dada tecnologia, que podem ser transferidos para outras.

Apesar da pesquisa se limitar a um estudo de caso, pressupõe-se que a descrição dos serviços feita no trabalho é representativa de cada tecnologia e seus reflexos sobre o processo construtivo de habitações.



## CAPÍTULO 2

### PROCESSO PRODUTIVO DA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL: CARACTERÍSTICAS E FORMAS DE MELHORIA

#### 2.1 Conceitos preliminares

A literatura tem apresentado uma vasta discussão acerca de um significado preciso para a palavra tecnologia<sup>1</sup>. Semelhante situação tem se observado com relação a palavra processo, principalmente na construção civil, onde este termo se confunde com outras expressões - técnica, método e sistema -, apresentando relativa ambigüidade em seu significado<sup>2</sup>.

Portanto, diante desta situação e da proposta do trabalho - análise do processo produtivo em tecnologias utilizadas na construção habitacional -, considerou-se necessário apresentar inicialmente os conceitos adotados na dissertação para os termos tecnologia e processo produtivo, particularizando-os para a construção de habitações.

A intenção aqui não é realizar uma revisão extensa ou apresentar conceitos definitivos, mas sim estabelecer um entendimento sobre os significados adotados no desenvolvimento do trabalho. Dentro desta perspectiva, utilizou-se definições apresentadas por autores que buscam discutir os termos, relacionando-os à atividade produtiva em geral e à construção civil em particular, e a partir destes, compor os conceitos utilizados no texto.

##### 2.1.1 Definição de tecnologia construtiva

Chiavenatto [1983] considera tecnologia como algo que se desenvolve nas empresas em geral, através de conhecimentos acumulados e desenvolvidos sobre o significado e execução de tarefas - *know-how* - e pelas suas manifestações físicas decorrentes - máquinas, equipamentos, instalações. Seu conceito de tecnologia é:

*"...um determinado tipo de conhecimento que, a despeito de sua origem, é utilizado no sentido de transformar elementos "materiais" - matérias-primas, componentes, etc. - ou "simbólicos" - dados, informações, etc. - em bens ou serviços, modificando sua natureza ou suas características."*

1. Esta discussão pode ser observada, por exemplo, em VARGAS, Milton. Tecnologia e mundo simbólico.; SOARES, José Otávio Proença. Definindo tecnologia.; VARGAS, Milton. Re-definindo tecnologia; POLI-DEBATE (Publicação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), Outubro, 1992; ou ainda em GAMA, Ruy. A tecnologia e o trabalho na história. São Paulo, Nobel/Edusp, 1986

2. Sobre a ambigüidade no significado dos termos técnica, método, processo e sistema construtivo ver SABBATINI, Fernando Henrique. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia, tese de doutorado., São Paulo, EDUSP, 1989

O autor considera a tecnologia formada por duas partes:

- uma *hardware*, incorporada a bens físicos (bens de capital, matérias-primas básicas, matérias-primas intermediárias ou componentes);
- uma *software*, não incorporada a bens físicos, se expressando nas pessoas (técnicos, especialistas, engenheiros, pesquisadores), sob a forma de conhecimentos intelectuais ou operacionais, facilidade mental ou manual para executar as operações, ou em documentos que a registram e visam assegurar sua conservação e transmissão - como mapas, desenhos, projetos, patentes, relatórios.

Dentro da literatura pesquisada sobre a construção civil, o prof. Tatum, da Universidade de Stanford, tem se destacado na apresentação de trabalhos ligados a tecnologia (Tatum, 1986, 1987b, 1988, 1989; Hansen e Tatum, 1989; Nam e Tatum, 1988) abordando questões como conceituação, classificação e utilização da tecnologia pelas empresas da construção. Tatum [1988] adiciona a palavra construtivo ao termo tecnologia, conceituando o vocábulo composto:

*"...tecnologia construtiva é definida como a combinação de recursos, processo e condições que produzem um produto da construção."*

Seu trabalho acrescenta ainda ser a tecnologia construtiva formada por três partes:

- recursos, subdivididos em dois grupos: recursos incorporados ao produto acabado - materiais (por exemplo concreto) ou equipamentos (por exemplo elevadores)- e recursos aplicados na construção - equipamentos de construção, ferramentas, habilidades dos operários, etc.;
- processo construtivo, formado pelos métodos e tarefas necessárias para produzir o produto da construção;
- condições, tais como especificações e exigências do projeto.

Baseado nestes componentes o autor criou um modelo para classificação da tecnologia construtiva, apresentado na Figura 2.1.

A partir das definições mencionadas anteriormente obteve-se a conceituação empregada no trabalho, considerando-se:

**TECNOLOGIA CONSTRUTIVA** como todo tipo de conhecimento que, a despeito de sua origem, é utilizado na produção de um produto/edificação<sup>3</sup> ou um conjunto de produtos.

3. Será utilizado no texto a expressão composta edificação/produto para designar o efeito da ação de construir ou resultado do processo construtivo, para diferenciar de edificação, entendida como ação e efeito de construir. Conforme ROSSO, Teodoro. Racionalização da construção. São Paulo, FAUUSP, 1980, Reimpressão 1990, p. 83

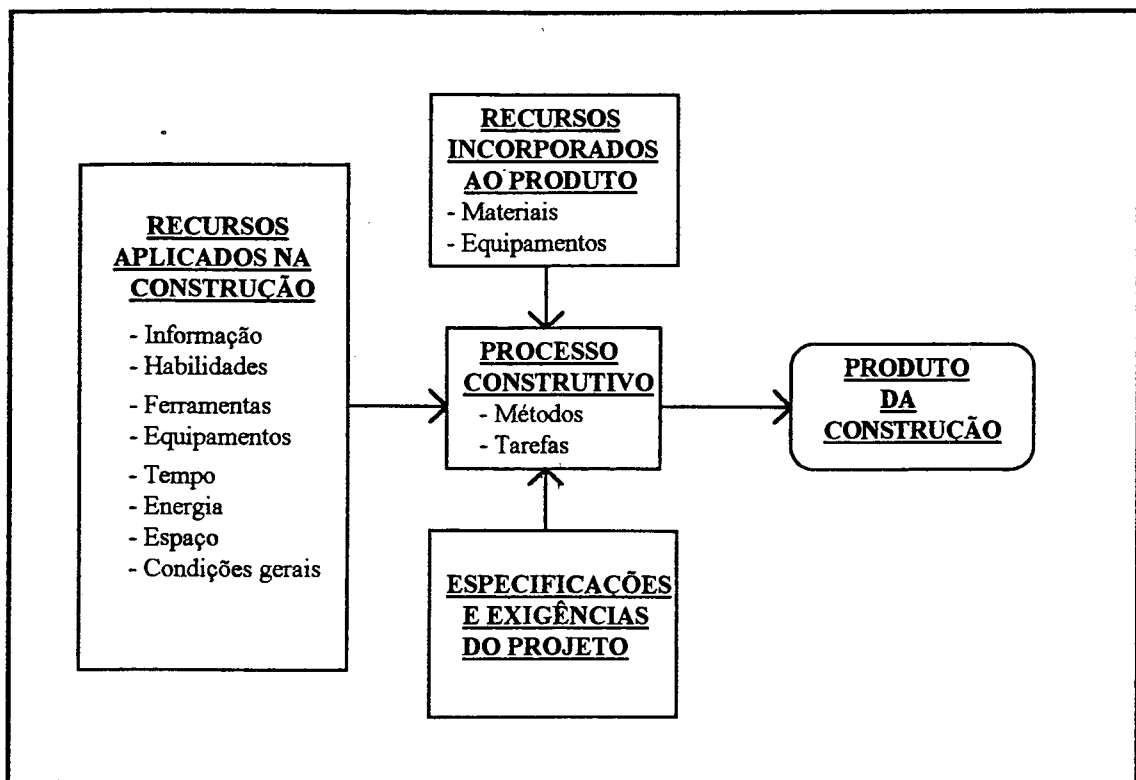


Figura 2.1 - Sistema de Classificação da Tecnologia Construtiva (Tatum, 1988)

Acrescenta-se ainda que uma tecnologia construtiva se expressa e pode ser classificada através:

- de elementos materiais incorporados ao produto (matérias-primas, sub-componentes, componentes, equipamentos);
- de elementos materiais utilizados na construção do produto (equipamentos, ferramentas, etc.);
- de elementos não materiais aplicados a construção (habilidades dos operários, habilidades gerenciais, informações contidas em projetos, especificações, etc.);
- do processo produtivo utilizado para construção da edificação/produto.

Portanto, considera-se a tecnologia construtiva como um complexo de fatores utilizados na transformação de insumos recebidos pela empresa em resultados, isto é, produtos ou serviços.

### 2.1.2 Definição de processo produtivo da construção habitacional

A definição apresentada por Tatum considera o processo construtivo como um componente para classificação da tecnologia construtiva, conceituando-o como o conjunto de métodos e tarefas necessários para construção de um produto/edificação. O autor define métodos e tarefas construtivas da seguinte forma (Tatum, 1988):

*"Métodos construtivos são os meios usados para transformar recursos em produtos da construção;*

*Tarefas construtivas focalizam-se em ações específicas e trabalho unitário."*

Sabbatini [1989] conceitua processo construtivo, considerando-o formado por métodos construtivos e técnicas construtivas. Suas definições são as seguintes:

*"Técnica construtiva é um conjunto de operações empregadas por um ofício particular para produzir parte de uma construção (exemplo: elevar uma parede de alvenaria, pintar uma porta, etc.);*

*Método construtivo é um conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregado na construção de uma parte (subsistema ou elemento) de uma edificação (exemplo: método construtivo para executar uma estrutura de concreto armado - montagem de formas, armação de peças estruturais, concretagem, desforma, etc.);*

*Processo construtivo é um modo organizado e bem definido de se construir um edifício."*

Vidal [1993] diferencia processo produtivo de processo construtivo nos termos em que o primeiro está relacionado à seqüenciação técnica necessária para uma dada produção, enquanto o segundo é uma instância conceitual particular que inclui o processo produtivo no planejamento e na execução de obras (incluindo o metaprojeto). Portanto, diante da proposta do trabalho de verificação do processo na etapa de execução do canteiro de obras, considerou-se mais apropriado o termo processo produtivo e não processo construtivo.

A partir destas definições, obteve-se o conceito de processo produtivo utilizado no trabalho:

**PROCESSO PRODUTIVO** de uma edificação é a forma como se utilizam as técnicas construtivas e métodos construtivos na construção de uma edificação/produto.

Portanto, considera-se técnicas construtivas como o conjunto de operações para realização de trabalhos específicos de um ofício. As técnicas construtivas podem contribuir diretamente no processo (pintura de uma porta, por exemplo), ou se combinar a demais técnicas em um método construtivo (armação de estrutura + fabricação e colocação de forma de madeira + concretagem = método construtivo para execução de estrutura em concreto armado, por exemplo).

O processo produtivo de habitações segundo esta definição é ilustrado na Figura 2.2.

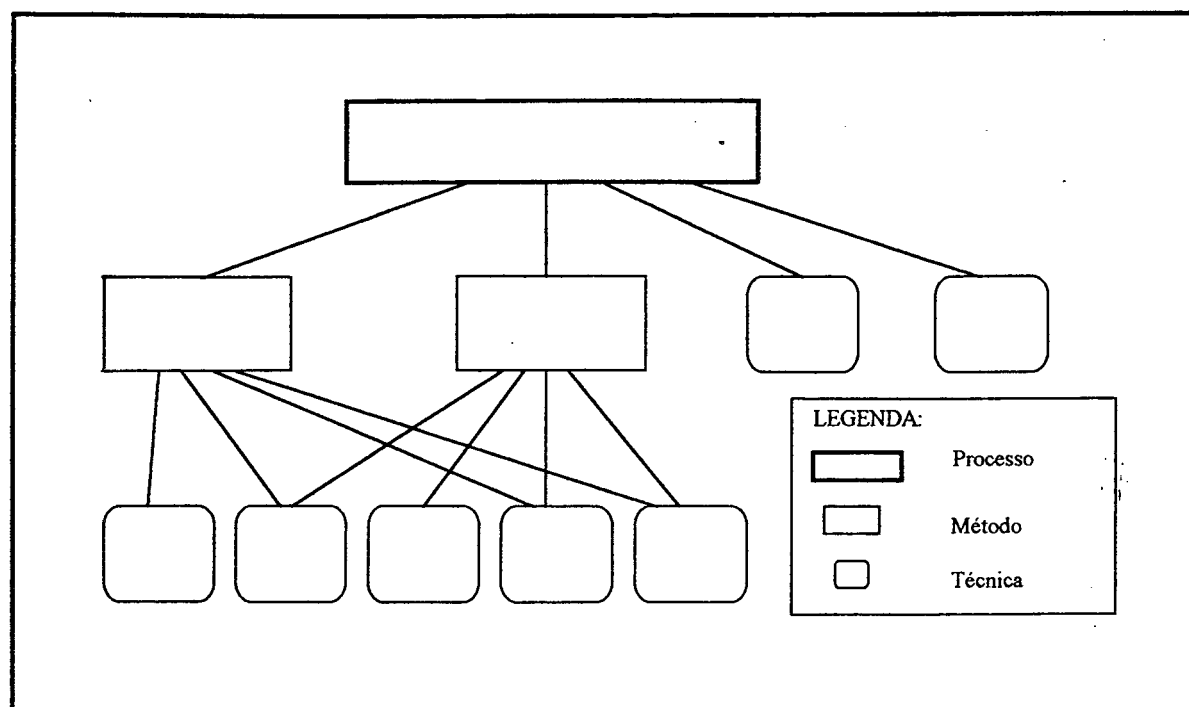


Figura 2.2 - Combinação de técnicas e métodos construtivos no processo produtivo de edificações

## 2.2 O processo produtivo na construção habitacional

O objetivo desta seção é apresentar as características do processo produtivo na construção habitacional, em primeiro lugar, e abordar, na sequência, particularidades do segmento de conjuntos habitacionais.

### 2.2.1 Características do processo produtivo na construção habitacional

Assim como nas demais indústrias, a construção de habitações apresenta um processo produtivo onde vários insumos são transformados em um produto. No entanto, há uma série de particularidades do setor caracterizando um quadro distinto das indústrias em geral, apoiadas em estruturas fabris (como a indústria metal-mecânica, por exemplo). Estas particularidades são citadas na sequência.

Entre as singularidades, o caráter imobiliário do produto e seus reflexos sobre o processo produtivo se destacam. Na maioria das indústrias o produto é fabricado em instalações fixas, especializadas à produção, e posteriormente transportados ao seu local de consumo. Na construção é preciso que grande parte dos serviços seja executado no local de consumo. Portanto, seu processo produtivo é composto principalmente por operações *in situ* (Nam e Tatum, 1988).

A primeira consequência da imobilidade do produto/edificação é a necessidade de deslocamento da produção pelos diversos terrenos, e constante reorganização do processo

produtivo no canteiro de obras, que é sempre de caráter temporário (Rosso, 1980). As instalações da obra são providenciadas no início do projeto, mas mudam conforme as diversas etapas construtivas evoluem, acarretando na adaptação da fábrica à produção. Esta questão é mencionada por Vargas [1981]:

*"... para cada início de obra e para cada início de fase construtiva, nota-se que os tempos são alargados em virtude da necessidade de se formar e treinar equipes de trabalho, conhecer o projeto (diferente para cada obra), formar e construir a infra-estrutura de apoio (canteiros, almoxarifado, serviços de suprimento, canteiros de pré-fabricação, etc.), enfim, criar todas as condições para que o novo canteiro funcione como uma unidade produtiva, uma fábrica".*

Além do deslocamento da produção para cada terreno e da reorganização sempre presente na construção, o caráter imobiliário do produto conduz a um processo de trabalho posicional, distinto das estruturas fabris tradicionais. Apesar do ciclo de produção poder ser fracionado em diferentes postos de trabalho, a imobilidade do produto implica numa intensa mobilidade por parte da força de trabalho e dos meios de produção (instrumentos e matérias-primas) (Grandi, 1988), conforme ilustra a Figura 2.3.

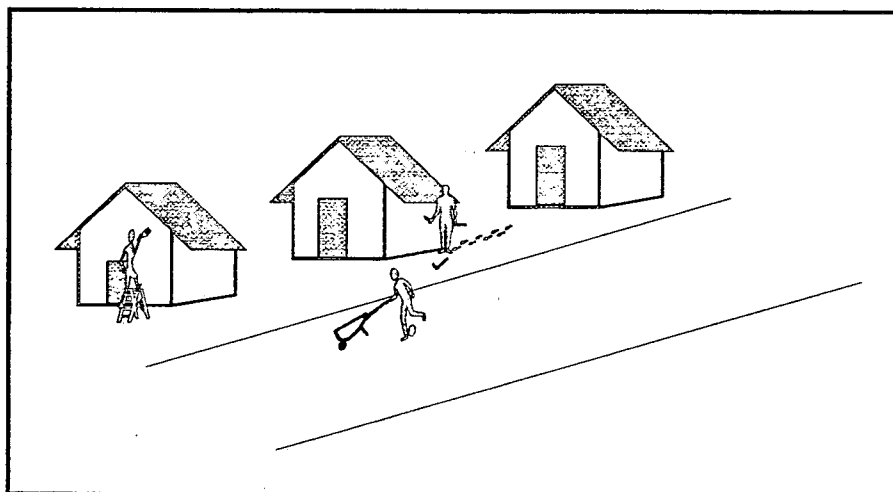


Figura 2.3 - Mobilidade dos operários dentro do canteiro de obras

A grande variedade de materiais, em estágios distintos, é outra característica da atividade construtiva. No processo produtivo de habitações são empregados desde matérias primas em estado natural (areia, pedras britadas), até equipamentos sofisticados (elevadores, equipamentos eletro-mecânicos para bombeamento, etc.), passando por uma série de materiais intermediários: materiais beneficiados (tintas, cimentos), componentes diversos (perfis, tubos), etc. (Farah, 1992; Nam e Tatum, 1988).

Como consequência desta variedade de materiais e equipamentos a serem incorporados ao produto/edificação, são necessários uma série de ferramentas e equipamentos e também uma ampla variedade de categorias profissionais para transformá-los, que variam em função do tipo de obra e da complexidade tecnológica necessária para realizá-la (Grandi, 1988).

Outra característica da construção é a dificuldade na padronização do produto/edificação, normalmente produzido por encomenda, inviabilizando a produção em série. Diversos fatores contribuem para este fato. Farah [1992] destaca que um dos principais é o caráter imobiliário e seus reflexos sobre o produto:

*"...a base fundiária - à medida que implica na dispersão dos empreendimentos habitacionais por inúmeros lotes, espalhados pela malha urbana - dificulta a produção em escala, inibe o estabelecimento de um fluxo contínuo de produção e inviabiliza a utilização intensiva, a longo prazo, de máquinas e equipamentos ... [e] ... variações quanto à disponibilidade de solo de local para local, quanto às características topográficas dos terrenos e quanto à legislação de uso do solo, dificultam a padronização do projeto e do produto final."*

Outro fator limitador da padronização é a ampla variedade de gostos dos clientes e as diferentes necessidades em relação ao produto/edificação. A padronização conduz a tipologias de projeto semelhantes, que desagradam muitos clientes, especialmente em produtos caros e duráveis como as edificações. A ampla variedade de gostos e as diferentes necessidades são barreiras para a padronização e produção em série, em vários tipos de obras da construção (Nam e Tatum, 1988).

As próprias estratégias das empresas construtoras condicionam a padronização do produto/edificação. A demanda por edificações, além de ser dispersas em terrenos distintos, é variável em volume, com características de incerteza de continuidade ao longo do tempo (Bishop, 1966). Além disto, a dependência em relação ao terreno submete as empresas a conhecimento da legislação local (leis de zoneamento, códigos de obras, etc.) e requer familiaridade com condições regionais de trabalho e conhecimento dos materiais locais. Devido às condicionantes de seus mercados, as empresas construtoras adotam, em grande parte, estratégias regionais de diversificação do produto/edificação, não se concentrando em obras repetitivas (Farah, 1992; Nam e Tatum, 1988).

Portanto, devido a uma série de fatores, cada edificação/produto é realizada segundo um projeto singular, normalmente não-homogêneo e não-seriado, correspondendo a um modelo único, não inteiramente reproduzível, contrastando com a homogeneidade e repetição dos produtos da indústria de transformação. Os projetos podem até se repetir (o projeto de um prédio), mas nunca inteiramente, já que as condições do terreno, da mão-de-obra, etc., se alteram.

Outra característica da construção habitacional é a utilização de subempreiteiros. Isto se deve a variabilidade e incertezas do mercado e a dispersão das obras em locais diferentes, além da necessidade de uma larga variedade de profissionais com habilidades distintas e de uma força de trabalho muito variável. Vargas [1981] destaca:

*"...é comum a empresa ter que desarticular uma equipe porque não consegue concatenar as diversas atividades em vários canteiros. O subempreiteiro, de certo modo, consegue maior regularidade na contratação de serviços, pois domina um segmento específico do mercado de trabalho - seus trabalhadores são mais especializados em um tipo determinado de ofício - e pode, assim, deslocar as equipes de uma obra para outra e resolver, em parte, o problema da construtora na contratação de pessoal."*

Outra diferença em relação a maioria dos processos produtivos industriais é o tempo de ciclo do produto. Na construção civil o produto demora meses e até anos para ser completado, enquanto nas indústrias fabris em geral o ciclo de produção é de horas ou no máximo alguns dias.

Devido aos fatores mencionados, o processo produtivo de habitações apresenta uma complexidade maior, quando comparado aos processos de indústrias fabris, conforme resume o Quadro 2.1 .



**Quadro 2.1 - Comparação entre os processos produtivos de indústrias apoiadas na estrutura fabril e a indústria da construção civil**

<b>TIFOS</b> <b>ELEMENTOS</b>	<b>Indústria fabril</b>	<b>Indústria da construção civil</b>
<b>Produto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quase sempre os mesmos</li> <li>- Móveis</li> <li>- Pequeno valor unitário</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sempre diferente</li> <li>- Imóveis e de grande porte</li> <li>- Grande valor unitário</li> </ul>
<b>Local de produção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Um só local (fábrica)</li> <li>- Postos de trabalho fixos e produto se movendo</li> <li>- Arranjos semelhantes possibilitando estabelecer regras gerais</li> <li>- Instalações fechadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Locais variados e temporários (canteiro de obras)</li> <li>- Trabalho do tipo posicional, produto fixo e operários se deslocando</li> <li>- Arranjos diferentes e peculiares a cada obra</li> <li>- Parte dos trabalhos realizados a céu-aberto</li> </ul>
<b>Produção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção de linha</li> <li>- Operações repetitivas</li> <li>- Problemas de produção repetitivos ao longo da linha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção em situações variadas</li> <li>- Operações se alteram com o decorrer do tempo e evolução da obra</li> <li>- Problemas sempre diversos, função do espaço e do tempo</li> </ul>
<b>Tempo de ciclo da produção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Curto (horas ou dias)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longo (meses ou anos)</li> </ul>
<b>Insumos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Componentes padronizados</li> <li>- Uso de mão-de-obra especializada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de padronização</li> <li>- Uso de mão-de-obra qualificada, semi-qualificada, sem qualificação e subempreiteiros</li> </ul>

*Baseado em: Trajano apud Vidal [1987]; Balarine [1990]*

### 2.2.2 Características da produção de conjuntos habitacionais

As habitações produzidas em canteiros com unidades repetitivas, objeto desta pesquisa, apresentam algumas distinções do quadro geral da construção habitacional. Neste tipo de obra cabe ao construtor apenas a execução das casas, sendo a responsabilidade do projeto como um todo de um empreendedor, quase sempre um órgão público.

O empreendedor se responsabiliza pela obtenção do terreno, definindo o tipo, as especificações exigidas e a quantidade de habitações. As unidades habitacionais se restringem a algumas tipologias padronizadas<sup>4</sup>.

Cabe às empresas construtoras a execução do projeto, segundo as especificações do empreendedor, e a este a fiscalização para verificação do correto cumprimento das exigências.

Ao se comparar a produção nestes termos, ao setor como um todo, constata-se nos canteiros de conjuntos habitacionais:

- redução da variabilidade do produto, restringido a algumas tipologias;
- repetição de uma série de produtos como um todo.

No entanto, preserva-se algumas condições do processo produtivo habitacional em geral, tais como:

- adaptação da produção a terrenos com condições distintas, em locais dispersos e normalmente distantes;
- adaptação a terrenos com diferentes condições de subsolo e topografia, exigindo às vezes mudanças em tipos de fundações e necessidade de serviços de movimentação de terra diferenciados;
- alteração do número de unidades nos projetos, acarretando variabilidade no tamanho das séries de produção;
- utilização de grande variedade de materiais e profissões.

Portanto, apesar de certa redução na variabilidade, característica do processo produtivo das habitações, os canteiros com unidades repetitivas apresentam ainda um nível de complexidade acentuado, quando comparados com a maioria das indústrias de transformação.

4. A COHAB/SC, por exemplo, apresenta três projetos padrões para habitações isoladas de caráter popular: residência com 30 m<sup>2</sup>, 42 m<sup>2</sup> e 45 m<sup>2</sup> de área construída coberta. Informação obtida junto a COHAB/SC.

### **2.2.3 As características da construção habitacional e suas conseqüências sobre a melhoria dos processos**

As características da construção habitacional em geral e de conjuntos habitacionais acarretam particularidades na busca de melhorias dos processos produtivos, conforme apontam trabalhos sobre o assunto.

Rosso [1980] cita que as condições da construção (produto singular, local de trabalho móvel, canteiros temporariamente organizados e adaptados para produção, sensibilidade de operações em relação às perturbações do meio ambiente) tornam o problema de coordenação e da continuidade do trabalho bem mais difícil de solução no processo produtivo de edificações do que em qualquer outro processo de produção.

Para Farah [1992] a variabilidade existente na construção em geral, bem como na produção de habitações, se constitui num aspecto crucial da atividade no setor, diferenciando-a de outros processos produtivos industriais e repercutindo sobre a forma de incremento da produtividade, pois a variabilidade impõe limites à melhoria dos processos através da prescrição rígida de procedimentos, controle da gerência e imposição do ritmo de trabalho por sistemas de máquinas.

Formoso [1991], realizando uma comparação entre as operações de construção em conjuntos residenciais e linhas de produção tradicionais, conclui ser a primeira mais complexa e caótica que a segunda. Isto se deve, segundo o autor, às condições presentes na produção de edificações, gerando conseqüências como:

- variações nas condições dos terrenos e projeto, podendo alterar a quantidade de trabalho necessária em cada unidade;
- tempos de execução da mesma atividade diferentes de unidade para unidade, devido a diferenças entre performances de equipes distintas e ao efeito aprendizagem;
- atrasos causados por interferências externas tais como falta de materiais e condições atmosféricas.

Portanto, as características da construção se refletem na busca de melhoria dos processos produtivos e limitam o uso de tecnologias de modo tradicional<sup>5</sup>, como empregado na maioria das indústrias apoiadas em estruturas fabris. Na próxima seção discute-se a produção científica sobre a melhoria dos processos produtivos na construção, diante das particularidades do setor.

---

5. Entende-se como tecnologia tradicional das indústrias fabris aquela que emprega ampla substituição das habilidades dos operários por máquinas, e funcionários simplesmente especializados em tarefas particulares (taylorismo), com intensa padronização de serviços.

### 2.3 Melhoria do processo produtivo da construção através das operações e de seu seqüenciamento em obras

Desde o início do século tem se observado uma busca no aumento da produtividade através da melhoria das operações nas diversas atividades industriais, principalmente após a difusão das idéias de Taylor, também conhecidos como Princípios da Administração Científica ou Taylorismo. Para Taylor a melhoria do trabalho seria realizada pelo aperfeiçoamento dos métodos (a cargo da gerência) e imposição obrigatória aos operários destes métodos, como indica em seu livro:

*"...[a] aceleração do trabalho só poderá ser obtida por meio da padronização obrigatória dos métodos, adoção obrigatória dos melhores instrumentos e condições de trabalho e cooperação obrigatórias. E esta atribuição de impor padrões e forçar a cooperação compete exclusivamente à gerência."*

Além de Taylor, haviam outros contemporâneos seus que o ajudaram na disseminação dos Princípios da Administração Científica (Gilbreth, Gantt, etc.). Gilbreth é considerado ao lado de Taylor um dos idealizadores de uma das principais áreas para pesquisa e melhoria dos processos produtivos: o Estudo dos Tempos e Movimentos (Chiavenatto, 1983). Destacam-se na literatura, como clássicos desta área os livros de Barnes [1977] e Currie [1963]. Estes autores indicam como forma de melhoria do trabalho a análise da produção através de fluxogramas do processo e metodologias do tipo 5W1H (do inglês What? - O quê?, Where? - Onde?, When? - Quando?, Who? - Quem?, Why? - Por quê?, How? - Como?), buscando reduzir os tempos gastos na execução do trabalho. Para melhorar as operações, através do uso eficiente dos recursos, procuram-se opções na realização das tarefas das seguintes formas (Barnes, 1977):

- eliminação de todo trabalho desnecessário;
- combinação de operações ou elementos;
- modificação da seqüência de execução;
- simplificação das operações essenciais.

Na primeira metade do século os Princípios da Administração Científica e o Estudo dos Tempos e Movimentos se alastraram pelos diversos setores industriais, sendo responsáveis por sensíveis aumentos de produtividade. Na construção civil estes princípios não foram adotados em larga escala, se restringindo a experiências ou a alguns setores mais aproximados a estrutura fabril, tais como pré-fabricados de concreto para estrutura. Kendrick *apud* Parker e Oglesby [1972] indica que nos Estados Unidos a produtividade da indústria em geral por homem-hora aumentou 2,6 vezes mais rápido do que a produtividade na construção. Mesmo assim, há pesquisas realizadas no setor utilizando os Princípios da Administração Científica e o Estudo dos Tempos e Movimento na construção, conforme apresenta o próximo item.

### 2.3.1 O estudo do trabalho na construção

Apesar das particularidades do processo produtivo na construção, citados na seção anterior, a literatura tem registrado trabalhos adaptando estas formas de melhorias de métodos para o setor. Os primeiros trabalhos de Gilbreth foram realizados na execução de alvenarias. O estudo dos movimentos do pedreiro no assentamento de tijolos e dos serviços auxiliares e as melhorias propostas estão apresentadas assim no livro de Taylor [1987]:

*"...Gilbreth... fez uma análise extremamente interessante, estudou cada fase do trabalho do pedreiro, eliminou um, depois outros, sucessivamente todos os movimentos inúteis e substituiu os movimentos lentos por outros rápidos....Fixou a posição exata que deve ocupar cada pé do pedreiro, em relação com a parede, com o balde de argamassa, com a pilha de tijolos, para evitar um passo ou dois desnecessários da ida até a pilha e os correspondentes de volta, todas as vezes que assenta um tijolo. Estudou a altura melhor para o balde de argamassa e para a pilha de tijolos; por fim, planejou um andaime, sobre o qual devia ser posto o material todo, de modo que os tijolos, o balde, o operário e a parede conservassem posições relativamente cômodas. Os andaimes eram ajustados para todos os operários por um trabalhador especialmente adestrado, conforme a parede ia-se elevando; assim, o pedreiro economizava o esforço de agachar-se muito, para apanhar os tijolos, a argamassa e se levantar em seguida."*

Segundo Barnes [1977], em uma obra em Boston, onde todos os operários foram treinados segundo o método de Gilbreth, os pedreiros passaram a assentar em média 350 tijolos por homem por hora, quando o edifício atingiu entre um quarto e metade da altura total, enquanto a média anterior era de 120 tijolos (Figura 2.4).

Esta etapa da construção (alvenaria) apresenta diversos estudos de tempos e movimentos, tais como os trabalhos de Kinniburgh e Vallance [1948] e Whitehead [1973]. Para Cheetham [1990], apesar de haver avanços e possibilidade de aumento de produtividade com os métodos estudados, as pesquisas tem mudado em pouco as práticas na execução das alvenarias.

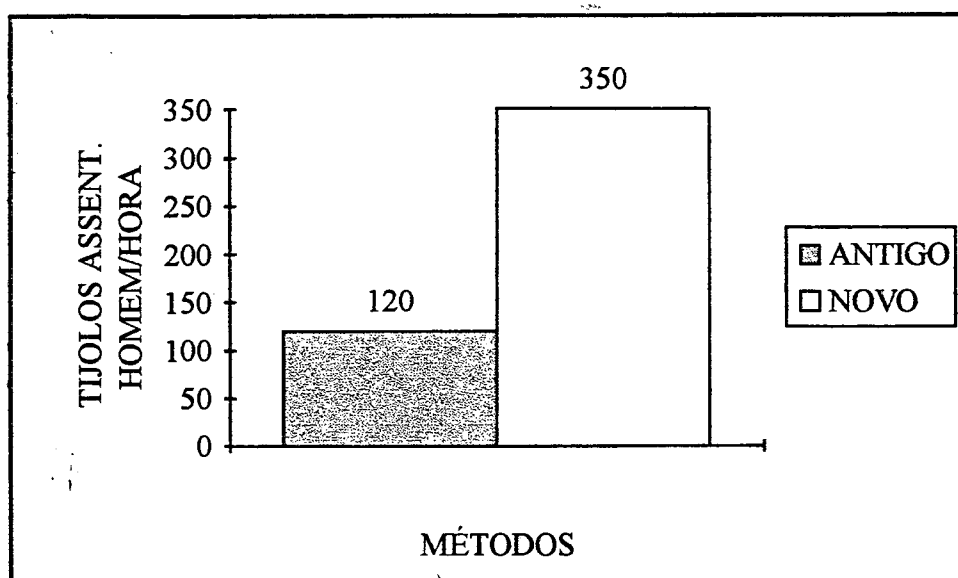


Figura 2.4 - Aumento da produtividade no assentamento de tijolos com a adoção do método de Gilbreth, segundo Barnes [1977]

Há também livros sobre melhoria de métodos abordando os Princípios da Administração Científica para a construção civil. Destaca-se como uma das primeiras obras o livro de Parker e Oglesby [1972]<sup>6</sup>. Os autores apresentam formas para aumento da produtividade através de estudo do trabalho clássico (tempos e movimentos), além de exemplos da construção e algumas ferramentas utilizadas com maior frequência pelas empresas do setor, como PERT/CPM. Segundo Parker e Oglesby muitos construtores acreditam que seu trabalho é diferente da indústria em geral, com pouca repetitividade, criando muita resistência e falta de entendimento na adoção dos princípios de Taylor. Para os autores, apesar do produto ser realmente pouco repetitivo como um todo, os serviços que o realizam se repetem e por isso podem ter os métodos melhorados e repetidos de forma mais eficiente e produtiva.

Outro livro abordando o assunto é o de Drewin [1982]<sup>7</sup>. Para ele o trabalho de Parker e Oglesby é um marco na consideração dos métodos de melhoria na construção, mas não obtivera sucesso em difundir o estudo do trabalho no setor, por ter sido lançado em uma época em que os recursos eram abundantes. Para Drewin, a década de 80, com mercado mais competitivo e reduzida influência estatal na economia, levaria as empresas a busca de melhoria dos métodos de trabalho e aumento da produtividade para vencer a concorrência.

Tatum [1987a], comentando o livro de Parker e Oglesby, diz que estes autores reconhecem como válida a aplicação de conceitos das técnicas de engenharia industrial na construção. Estendendo esta afirmação, pode-se considerar que os trabalhos que utilizam os Princípios da Administração Científica e do Estudo dos Tempos e Movimentos na construção,

6. *Methods Improvement for Construction Managers.*

7. *Construction productivity: measurement and improvement through work study*

consideram como possível a melhoria do processo produtivo neste setor através da adaptação de conceitos utilizados nas indústrias de caráter fabril.

### **2.3.2 O estudo dos tempos em obras e sua utilização na compreensão do processo produtivo da construção**

As técnicas de medição do trabalho tem sido aplicadas na construção, principalmente através de instituições de pesquisas com interesse no setor, tais como o BRE (*Building Research Establishment*) inglês, o CSIRO (*Commonwealth Scientific Research Organisation*) australiano, e *An Foras Forbatha-National Building Research in Ireland* irlandês.

Forbes [1979] cita o trabalho de Kinninburg e Vallance [1948], onde se demonstra a dificuldade de se aplicar o Estudo dos Tempos de forma idêntica a utilizada na indústria em geral. Para ele, as técnicas de medição do trabalho na construção, criadas e utilizadas pelo BRE, servem para verificar o trabalho a um nível macro, mais do que para estabelecer tempos padrões das operações, como ocorre nas indústrias em geral. Esta abordagem busca utilizar as medições dos tempos em obra como compreensão dos fatores que influem no processo produtivo, verificando como se distribuem os tempos gastos nas operações.

A primeira observação é a divisão dos tempos em três categorias: tempos produtivos, tempos auxiliares e tempos improdutivos. Forbes *apud* Heineck [1983] afirma que como regra geral os tempos gastos nas atividades da construção podem ser consideradas como 1/3 produtivos, 1/3 auxiliares (manuseio, limpeza de ferramentas e local de trabalho, supervisão, testes, etc.) e 1/3 improdutivos (paradas para lanches não oficiais, paradas devido a mau tempo, operário andando sem propósito pelo canteiro, etc.).

Uma das pesquisas com esta orientação é o trabalho realizado por Peer e North [1971], com registros das tarefas e seu tempo de execução em 8 canteiros diferentes, em projetos de edifícios na Austrália, conforme a classificação apresentada no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Distribuição de tempos em diferentes classes de operações, obras na Austrália (Peer e North, 1971)

No.	COMPONENTE DO TEMPO	% DO TEMPO
1	Tempo de trabalho indireto (preparações, finalizações, etc.)	6,3
2	Tempo de trabalho produtivo	61,2
3	Tempo de espera obrigatório do processo	7,7
4	Necessidades pessoais, tempo de descanso	1,9
5	Tempo improdutivo evitável durante a atividade, devido ao operário	0,1
6	Tempo improdutivo evitável durante a atividade, devido a gerência	7,2
7	Paradas evitáveis, devidas a gerência	0,4
8	Paradas evitáveis, devidas ao operário	15,2
1 - 4	Total do tempo produtivo e auxiliar	77,1
5 - 8	Total do tempo improdutivo	22,9

Na pesquisa foram levantadas as causas dos tempos improdutivos, resumidas no Quadro 2.3. Para os autores do trabalho, a pesquisa demonstra que há consideráveis oportunidades de melhoramento da produtividade, já que cerca de um quarto do tempo observado é improdutivo. Peer e North apontam para a dificuldade de exercer um controle gerencial firme nas operações da obra, numa indústria com organização fragmentada como a construção. Para eles, a maioria do tempo improdutivo observado ocorreu devido a falta do material certo, no local certo, no momento certo, concluindo que seria rentável aos construtores adotar formas de entregar os materiais nos momentos necessários aos serviços.



Quadro 2.3 - Causas dos tempos improdutivos, pesquisa de Peer e North [1971]

Tempos improdutivos devidos a gerência	% EM RELAÇÃO AO TEMPO OBSERVADO	% EM RELAÇÃO AO TEMPO IMPRODUT.
Supervisão insuficiente em atividades relacionadas	0,8	3,5
Seqüenciamento errado de atividades	4,6	20,0
Localização errada de materiais	0,2	1,0
Espera por suprimentos de materiais	11,9	51,8
Materiais fora de especificações	1,8	8,0
Espera por equipamento	0,4	1,5
Quebra de equipamento	1,7	7,5
Total devido a gerência	21,4	93,3
Tempos improdutivos devidos ao projeto		
Descoberta atrasada de erros de projeto	0,4	1,7
Tolerâncias irreais no projeto	0,6	2,6
Total devido ao projeto	1,0	4,3
Tempos improdutivos devidos ao operário		
Retrabalho, reexecução de serviço mal feito	0,1	0,6
Paradas, tempo parado sem justificativa	0,4	1,8
Total devido ao operário	0,5	2,4
Total geral	22,9	100,0

Outra pesquisa realizada por Olomolaiye et al. [1987] na Nigéria em 7 canteiros de obras diversas utilizando semelhante metodologia obteve os dados apresentados no Quadro 2.4.

Quadro 2.4- Proporção entre tempos produtivos e auxiliares e tempos improdutivos em obras na Nigéria, Olomolaiye et al. [1987]

Distribuição dos tempos	% do tempo
Tempos produtivos e auxiliares	57
Tempos improdutivos	43
Total	100

De forma semelhante ao trabalho de Peer e North [1971], Olomolaiye et al. [1987] encontram como principais causas para os tempos improdutivos as deficiências no gerenciamento da obra, com a falta de materiais se destacando (ver Quadro 2.5).

Quadro 2.5 - Causas dos tempos improdutivos, pesquisa de Olomolaiye et al. [1987]

Causas dos tempos improdutivos	Índice*
Falta de materiais	200
Falta de ferramentas	117
Retrabalho, reexecução de serviços mal feitos	179
Atrasos nas instruções	107
Atrasos nas inspeções	110
Absenteísmo	54
Incompetência da supervisão	80
Mudança de membros da equipe	42

\* A pesquisa utilizou um índice que corresponde à causa e à quantidade de tempo perdido durante uma semana de trabalho de 121 operários

Ao apontar causas ou problemas que levam aos tempos gastos na obra, pode-se concluir que estas pesquisas buscam a melhoria dos processos na construção através de operações com maior quantidade de tempo produtivo, procurando-se reduzir os tempos auxiliares e eliminar os tempos improdutivos.

### 2.3.3 A racionalização da construção e a análise do processo produtivo

Outra forma de estudo e melhoria para o processo produtivo da construção é a racionalização da construção, entendida como um processo amplo, através do qual se busca a otimização do uso dos recursos empregados em todas as atividades construtivas, para obter a maior produtividade e melhor rentabilidade para a empresa (Farah, 1992).

Sobre o assunto, destaca-se no Brasil a publicação da obra de Rosso [1980]<sup>8</sup>. Entre as formas de racionalização, o autor aborda a análise e otimização do processo construtivo (capítulo 9, do livro) através da consideração das operações que o compõem. Rosso apresenta formas de classificação das operações realizadas no canteiro de obras, como segue:

Classificação básica das operações de produção:

- transporte, locação, conformação, união, ajustagem e acabamento.

Classificação adicional das operações:

8. *Racionalização da construção.*

- repetitivas, singulares, periódicas, alternativas, chave, normais, anormais, simples, complexas, sensíveis, insensíveis, livres, dependentes, sucessivas, concomitantes, críticas e não críticas.

No primeiro grupo, através de uma linguagem próxima à análise de valor (AV), o autor divide as operações nas que não agregam valor ao produto (transporte e ajustagem), as que agregam mas apresentam desperdício (conformação e acabamento) e as que apresentam maior potencial de agregar valor ao produto sem desperdício (união, locação). Da classificação adicional Rosso considera que para uma elevada eficiência do processo devem prevalecer operações simples (executadas com facilidade, com equipamentos correntes e sem aplicação de técnicas muito sofisticadas), normais (cuja ocorrência é necessária e perfeitamente definida), repetitivas (que se repetem com continuidade e ritmo) e insensíveis (operações insensíveis à ação do meio ambiente).

Apesar da classificação apresentada por Rosso poder ser uma ferramenta de análise do processo, a literatura praticamente não apresenta discussões acerca da utilização de seus conceitos como instrumento de melhorias dos métodos construtivos. Registra-se apenas a existência de uma pesquisa em 16 sistemas construtivos, realizado pela Companhia de Urbanização e Saneamento de Cubatão, em que se utilizou a classificação básica mencionada acima, como avaliação do processo de construção (Silva, 1991).

#### **2.3.4 Formas de execução das unidades**

Observam-se pesquisas enfocando os efeitos da forma de execução das obras, principalmente com respeito a canteiros com unidades repetitivas, buscando correlacionar melhorias no processo, a partir do inter-relacionamento das operações e de seu seqüenciamento. A seguir são discutidos estas questões.

##### **2.3.4.1 Repetição, aprendizagem e continuidade**

A redução no consumo de mão-de-obra a partir da repetição das atividades em obra é um assunto abordado por diversos autores ligados a construção civil (Parker e Oglesby, 1972; Drewin, 1982; Blachère, 1977; Rosso, 1980; Heineck, 1991). Esta abordagem indica que com a repetição de uma tarefa, o treinamento e a aprendizagem conduzem a um melhor desempenho do processo (Heineck, 1991).

No entanto, para que ocorra a aprendizagem, é necessário que hajam certas condições durante o processo produtivo. Verifica-se que o efeito aprendizagem só ocorre se houver continuidade na execução das tarefas. Blachère [1977] apresenta os dados de uma obra (Figura 2.5), demonstrando os efeitos da interrupção sobre a produtividade. Semelhante situação é reportada por Parker e Oglesby [1972], indicando ainda que quanto maior a interrupção, maior é a desaprendizagem, ou seja, quanto mais tempo se demora para retornar a atividade, maior

será a perda de produtividade. Portanto, sem a continuidade do trabalho é óbvio que a simples repetição das operações não produz qualquer efeito (Rosso, 1980).

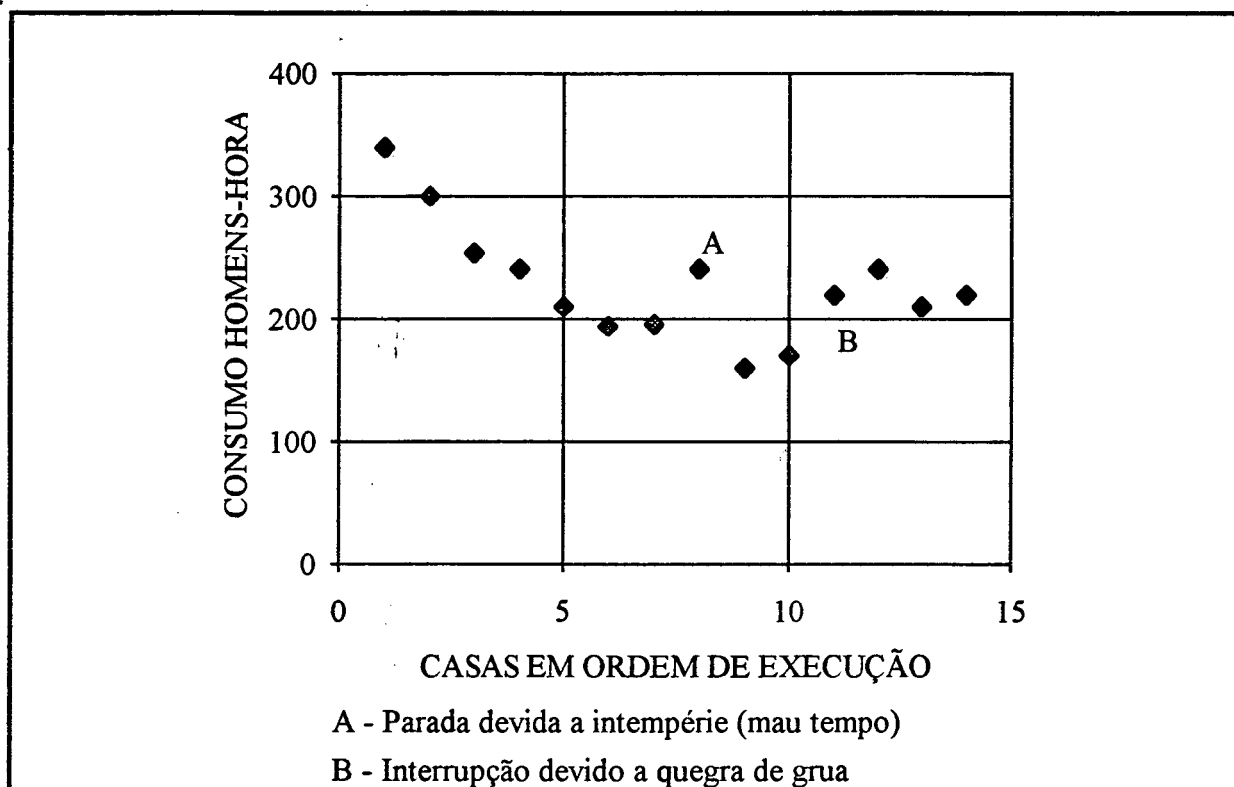


Figura 2.5 - Repercussão de interrupções sobre o tempo unitário de concretagem de casas

Outra abordagem em relação a continuidade das operações em obra é o número de visitas necessárias para completar cada atividade. Os gráficos apresentados a seguir, retirados de Pigott [1974], demonstram dados da execução de um conjunto de casas geminadas. A Figura 2.6 (a) apresentam a curva de aprendizagem, e a Figura 2.6 (b) o número de visitas necessárias para completar cada casa. Verifica-se com isto a evolução do número de visitas realizadas para completar cada bloco de casas, a medida que o canteiro foi executado. Observa-se uma correlação entre o número de visitas necessárias para executar a atividade e o consumo de mão-de-obra. No início haviam cerca de 150 entradas no bloco para executá-lo, com um consumo de perto de 4400 homens-hora. No final do 20º bloco eram necessárias apenas cerca de 100 visitas ao bloco e o consumo passou para níveis de 3000 homens-hora por bloco.

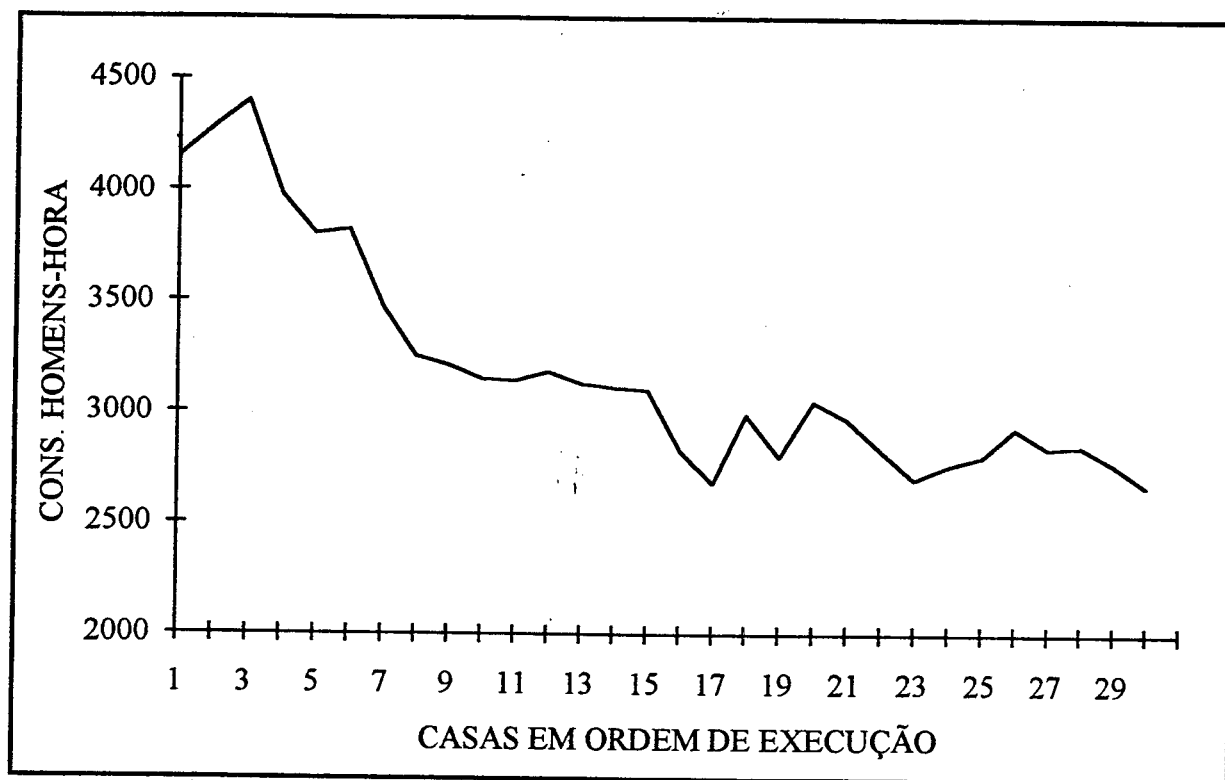


Figura 2.6 (a) - Consumo de homens-hora para construção de casas geminadas (Pigott, 1974)

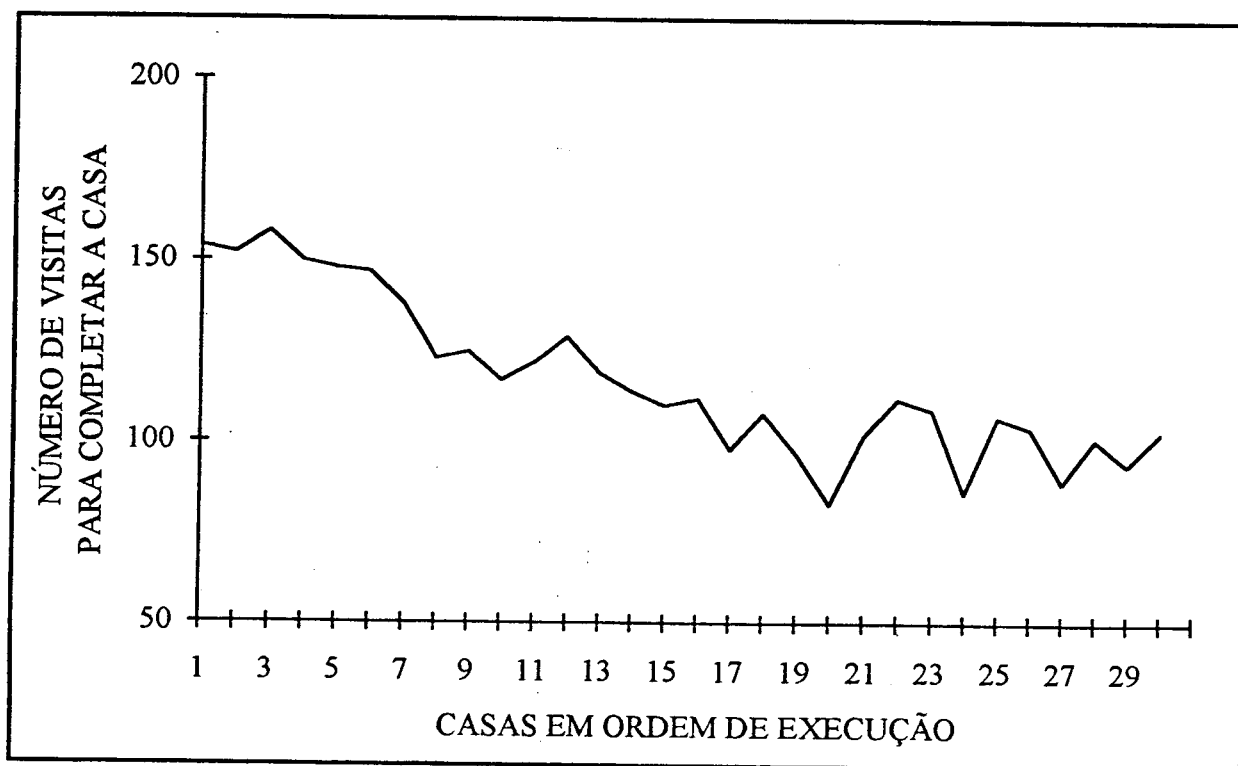


Figura 2.6 (b) - Núm. de visitas necessárias para executar as casas geminadas (Pigott, 1974)

Assim como esta, outras pesquisas obtiveram uma significativa correlação entre o número de visitas e o consumo total de homens-hora, tais como MacLeish [1981] e Horner e Talhouni, [1990] *apud* Formoso [1991]. Este último trabalho aponta duas razões para a diminuição na produtividade: em primeiro lugar, os operários tendem a trabalhar mais lentamente quando percebem uma parada iminente, na tentativa de minimizar uma completa interrupção; em segundo lugar, a menor disponibilidade de tempo contínuo para cumprir a tarefa aumenta a proporção do tempo consumido na preparação das tarefas (por exemplo, preparação de argamassa para alvenaria) e na complementação da tarefa (por exemplo, limpeza e proteção).

Heineck [1991] indica que para se obter o efeito aprendizagem é necessário a continuidade em dois níveis:

*"Não basta que o canteiro seja repetitivo, há necessidade de que os operários desloquem-se sem interrupção de uma tarefa para outra; ainda mais, dentro da própria tarefa, não podem haver paradas devido a falta de materiais, falta de detalhamento construtivo, interferência com outras tarefas, desbalanceamento e falta de elementos na equipe de trabalho, ou ingerência de causas naturais como chuvas, etc.."*

Esta abordagem vê na realização dos serviços de forma mais contínua possível, na atividade em si e entre atividades, a maneira mais correta do seqüenciamento das atividades em obras.

#### 2.3.4.2 Interdependência entre atividades

As representações das operações da construção através de diagramas, principalmente as análises de redes (PERT/CPM), partem do princípio que pode-se dividir a obra em atividades executadas de forma separada e discreta e em uma seqüência bem definida.

Birrel [1980] indica que a dependência entre atividades ocorre de duas formas: lógica (precedência) absoluta e lógica preferencial. No primeiro caso é necessário que ocorra uma atividade para que a outra possa iniciar. Isto ocorre, por exemplo, na dependência entre as fundações e a estrutura de um prédio: a segunda atividade só inicia (obrigatoriamente) após o término da primeira. No caso da lógica preferencial a precedência não é obrigatória, mas sim desejável. Um exemplo desta lógica é a dependência entre a colocação de forras (batentes) e marcos de janelas e o início do revestimento. Em muitos casos inicia-se o revestimento, mesmo antes daquela atividade estar completa. Isto pode acrescentar visitas para realização de arremates e acabamentos, devido a não realização da atividade precedente. No entanto, a dependência não implica necessariamente na não realização da atividade seguinte.

Heineck [1983] conclui que a precedência entre estágios da construção não acontece necessariamente na forma fim-início<sup>9</sup>, ocorrendo o que o autor chama de *overlapping*, ou seja, há uma sobreposição entre atividades dependentes. Isto ocorre, por exemplo, em serviços que necessitam uma certa frente de trabalho para que outro inicie. É o caso da dependência entre a execução da forma para concretagem de uma laje e a colocação de tubulações elétrica na mesma. Após iniciada parte da primeira atividade, a segunda pode ser iniciada, ou seja, não é necessário que a primeira se complete totalmente para que a segunda inicie.

Griffith [1986b] aponta que na realidade a sequência construtiva não segue um fluxo bem definido de eventos. Para ele os elementos construtivos nunca são divididos suficientemente para serem representados de forma discreta. Em vez disso, nas técnicas de redes, cada elemento construtivo é reduzido a poucas operações que mantêm grande inter-relacionamento, não correspondendo à atividade realizada na obra. Acrescenta ainda que a sequência de atividades é complicada devido ao inter-relacionamento entre diversos serviços ocorridos nas obras. Griffith aponta a complexidade da sequência construtiva e a falta de demarcação de limites entre os serviços como a maior causa das interrupções do processo de construção e da existência de boa parcela de tempo improdutivo nas tarefas em obra. Griffith [1987] ilustra a situação através de uma publicação do BRE, acerca da escolha para fundação de um edifício:

*"Cada atividade separada requer que o operário desloque-se juntamente com suas ferramentas até o local de trabalho e após a conclusão as leve novamente a outro local. O pouco trabalho que há envolvido em cada atividade torna grande a proporção entre o tempo improdutivo e o produtivo. Também, o grande número de operações a se realizar acarreta grande probabilidade de atrasos ocorrerem, já que muitas operações são dependentes de atividades prévias a serem completadas antes que elas possam iniciar."*

Para Griffith [1986b] deve-se ter uma orientação ativa nas fases de planejamento e projeto da construção, visando a redução da complexidade da sequência construtiva e a simplificação do inter-relacionamento entre serviços, visando eliminar as interrupções e minimizar o número de visitas para completar uma atividade.

Esta sua orientação decorre de reconhecer como válida a grande influência que a eliminação de interrupções na sequência construtiva e a redução do número de visitas para completar uma operação tem na redução do consumo de mão-de-obra, constatada em pesquisas como as de Pigott [1974], MacLeish [1981] e Horner e Talhouni [1990]. Esta

9. Utiliza-se aqui uma linguagem empregada principalmente em programas de computador (SUPERPROJECT, por exemplo). Nestes programas há dependências do tipo: fim-início (atividade anterior deve terminar inteiramente para que a segunda inicie), fim-fim (as atividades terminam juntas) início-início (as atividades iniciam juntas).

posição coincide com as observações de autores como Blachère [1977], Heineck [1991], Parker e Oglesby [1972] e Rosso [1980].

A abordagem de Griffith vê na simplificação das operações realizadas na obra como a forma de tornar mais efetivo o uso de recursos na construção. A melhoria do processo produtivo de edificações, a partir desta orientação, tem sido discutida na literatura da construção através do conceito de construtibilidade, apresentada no próximo item.

### 2.3.5 O conceito de construtibilidade

O conceito de construtibilidade surgiu no Reino Unido e Estados Unidos nos primeiros anos da década de 80. O termo é um neologismo formado conforme as regras morfológicas da língua portuguesa (Sabbatini, 1989), relacionando-se ao conceito desenvolvido na literatura inglesa. No Reino Unido é conhecido como *Buildability* e nos Estados Unidos como *Constructability*. Construtibilidade de um edifício pode ser entendida como a habilidade ou facilidade deste em ser construído. Inicialmente o termo era sinônimo de facilitar a construção através do projeto. Atualmente o conceito tem se alargado, significando a integração do conhecimento e experiência construtiva durante as fases de concepção, planejamento, projeto e execução da obra, visando a simplificação das operações construtivas. Como resultado de um projeto que leve em conta a construtibilidade espera-se obter um edifício de construção mais rápida, mais fácil e mais barata (O'Connor, 1985; Griffith, s/data).

Griffith [1986a] indica cinco princípios para a racionalização da construção, a ser implementados como melhorias da construtibilidade:

1. Realização da obra com a mesma sequência construtiva;
2. Redução do número de operações construtivas;
3. Simplificação dos elementos do projeto;
4. Padronização dos componentes construtivos;
5. Coordenação dimensional dos materiais.

Especificamente em relação à redução da complexidade da sequência construtiva e à simplificação do inter-relacionamento entre serviços, Griffith [1986b] apresenta os cinco pontos seguintes :

1. Eliminar ou minimizar a interrupção da sequência construtiva devida à definição incorreta das operações individuais, e reduzir a complexidade da sequência das operações construtivas;
2. Definir os elementos construtivos e operações, através da divisão do trabalho em sequências praticadas nas obras, antes que pela descrição de grupos de elementos de projeto;
3. Projetar para que as operações sejam realizadas com inter-relacionamento simplificado;



4. Especificar operações que levem em conta interrupções pela interferência de operações dependentes, através do conhecimento do relacionamento das interfaces;
5. Pré-determinar o número necessário de visitas no local de trabalho para completar a atividade e minimizar o retorno de visitas.

Estes conceitos foram utilizados em uma obra (Centro de Saúde), em Edimburgo (Escócia). O Quadro 2.6, retirada de Griffith [s/data], apresenta os resultados dos tempos produtivos, auxiliares e improdutivos nesta obra e em outras da Inglaterra e Escócia, demonstrando como houve uma melhoria no processo produtivo. Todas as outras obras (conjuntos residenciais) atingiram entre 44 e 53% de tempo produtivo, enquanto o centro de saúde chegou a 71%. Nos tempos improdutivos houve também uma melhoria considerável: os conjuntos residenciais variam entre 23 a 30%, enquanto na obra de Edimburgo o tempo improdutivo atinge apenas 5%.

O'Connor et al. [1987] realizaram um trabalho buscando obter conceitos sobre melhoria da construtibilidade nas obras americanas. Sua pesquisa identifica sete pontos e os explica, conforme segue:

1. Direcionamento para atividades construtivas: a construtibilidade é aumentada quando os programas das atividades de projeto e gerenciamento são direcionadas para as necessidades da etapa de construção;
2. Simplificação dos projetos: a construtibilidade é aumentada quando os projetos são realizados para permitir construção eficiente ;
3. Padronização: a construtibilidade é melhorada quando os elementos do projeto são padronizados e obtêm-se vantagens através da repetição de seu uso;
4. Modularização/Pré-montagem: a construtibilidade é melhorada quando é possível executar trabalhos de pré-montagem e projetos de modularização/pré-montagem são preparados para facilitar a fabricação, transporte e instalação;
5. Acessibilidade: a construtibilidade é melhorada quando os projetos promovem acessibilidade para operários, materiais e equipamentos;
6. Condições adversas de tempo: a construtibilidade é melhorada quando os projetos facilitam a construção debaixo de condições adversas de tempo, quando elas existem.
7. Especificações: a construtibilidade é melhorada quando as especificações são revistas em detalhe pelos clientes, projetistas, construtores, buscando também simplificar as operações de construção.

Portanto, há várias abordagens em relação ao conceito de construtibilidade, porém sempre com uma orientação: aumentar a habilidade ou facilidade em se construir uma obra, através da simplificação das operações construtivas de campo (realizadas no canteiro). A partir da literatura sobre construtibilidade retirou-se conceitos acerca da melhoria das operações em obra, apresentadas no Apêndice 1, consideradas como representativas das orientações dos autores citados acima.

Quadro 2.6 - Comparação entre % de homens-hora por atividade em diversas obras  
(Griffith, s/data)

ATIVIDADES	Centro de Saúde	Pitcoudie I & II (Conj.Res.)	Blantyre (Conj.Res.)	Greenfield (Conj.Res.)
<u>ATIVIDADES PRODUTIVAS</u>				
Fazendo o edificio crescer (tempo produtivo)	71	44	53	41
Descarregamento	1	0	1	1
Movimentação no canteiro	3	17	2	1
Movimentação do depósito para local de trabalho	1	0	9	13
Supervisão	4	1	1	1
Medição e deslocamento	0	-	1	0
Testes de tubulações	1	1	-	-
Preparação de materiais	8	2	4	12
Limpeza de ferramentas e local de trabalho	5	1	2	2
Retrabalho	1	4	1	1
Descanso físico	0		3	1
<u>ATIVIDADES IMPRODUTIVAS</u>				
Sem trabalho dentro do canteiro	1	3	20	10
Andando	0	9	0	13
Paradas para lanches	0	8	1	-
Paradas devidas a intempéries	1	8	1	2
Operários não encontrados no canteiro	3	2	1	2
Horas sem alocação	0	-	-	-
ATIVIDADES PRODUTIVAS	95	70	77	73
ATIVIDADES IMPRODUTIVAS	5	30	23	27
TOTAL	100	100	100	100

A análise do processo produtivo de edificações descrita nos próximos capítulos, estuda as operações e seu seqüenciamento na obra embasada nas considerações realizadas neste capítulo. São identificadas as operações, como estas são realizadas em obra, a seqüência construtiva, a necessidade de habilidade dos operários, os equipamentos exigidos pela tarefa, as interrupções inerentes ao processo ou causados por problemas, a existência de simplificações na execução da obra. Com isto, identifica-se no processo as questões levantadas aqui sobre a melhor forma de realizar as tarefas construtivas no canteiro de obra. É com este intuito que se conduz os próximos capítulos.

## **CAPÍTULO 3**

### **FORMAS DE OBTENÇÃO DOS DADOS PARA ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE HABITAÇÕES**

#### **3.1 Os instrumentos para obtenção dos dados**

##### **3.1.1 Divisão das etapas de execução da unidade habitacional:**

###### **Serviço, atividade, operação, tarefa**

Para obter os dados do processo produtivo da construção, a primeira questão a ser observada é a descrição das etapas necessárias para executar a obra. Discute-se aqui algumas formas de dividir a obra em etapas, definidas em trabalhos ligados a construção civil.

Halpin e Woodhead [1976] fazem a divisão da obra em atividades, operações e tarefas, explicando seu significado da seguinte forma:

- tarefas: porções elementares de trabalho;
- operações: conjuntos de tarefas elementares englobando a mobilização de recursos dentro de uma sequência de tarefas que interagem para completar a materialização da construção;
- atividades: elementos que consomem tempo e recursos de um projeto e representam a agregação de operações que contribuem para completar um componente da estrutura construída ou para o desempenho de um serviço de apoio de forma definida no tempo e no espaço.

Observa-se na divisão de Halpin e Woodhead a consideração de níveis hierárquicos entre tarefa, operação e atividades, conforme demonstra a Figura 3.1.

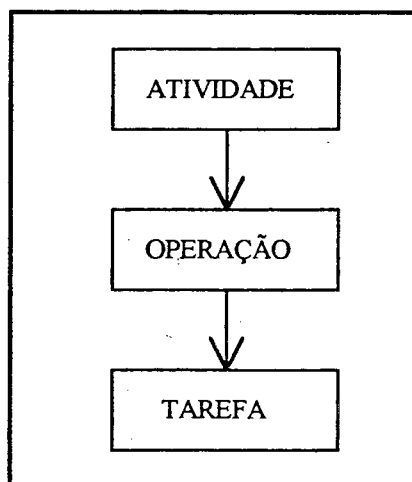


Figura 3.1 - Divisão das etapas da obra, conforme Halpin e Woodhead [1976]

Silva [1987] exemplifica da seguinte forma a divisão das etapas em obra definida por Halpin e Woodhead:

- "- Atividade: estrutura em concreto armado do 1o. pavimento;*
- Operações: confecção das formas, colocação da armadura, concretagem;*
- Tarefas: corte da madeira, ajuste de dimensões, corte e dobramento do aço, colocação da armadura, colocação da armadura nas formas, limpeza e umedecimento das formas, mistura do concreto, lançamento do concreto, adensamento do concreto, acabamento da superfície."*

Cabral [1988] reconhece forma de hierarquia semelhante para as etapas em obra, ~~definindo~~ da seguinte forma operação e serviço:

- "- operação: é um conjunto de tarefas executadas de forma contínua e sem interrupções, com início e fim bem definidos, por um tipo específico de mão-de-obra;*
- serviço: é o conjunto de operações, que ao ser realizado resulta numa parte funcional da obra e pode envolver várias categorias de mão-de-obra."*

Em seu trabalho, Cabral [1988] propõe a desagregação dos serviços em operações que devem ser agregadas em atividades, de forma a refletir fielmente como a obra será construída. Para ele, o critério para definição de atividade é o momento de execução, ou seja, um conjunto de operações realizadas de forma contínua (sem interrupções), ou quando as interrupções são desprezíveis em relação ao tempo de execução do conjunto de operações. Segundo Cabral, os orçamentos convencionais utilizados atualmente nas empresas da construção empregam uma estrutura (plano de contas ou estrutura analítica de trabalho) que não representam a fase de execução, mas sim a obra pronta.

A partir destas questões realiza-se a divisão da atividade construtiva em etapas, buscando refletir como ocorre o processo produtivo no canteiro de obras. Inicialmente considera-se uma estrutura de serviços que corresponde a componentes (sub-sistemas) da unidade habitacional construída - por exemplo fundações, estrutura, vedações - ou a serviços de apoio à construção da habitação - por exemplo limpeza do terreno, locação da unidade, limpeza final. Esta estrutura não tem função de representar a forma de execução da habitação.

Com a estrutura de serviços classificam-se as atividades do projeto. As atividades seguem o critério definido por Cabral [1988]: conjunto de operações realizadas de forma contínua ou com interrupções desprezíveis em relação ao tempo do trabalho, refletindo como a obra é realizada. Cada atividade é relacionada a um serviço de origem. No entanto ocorrem diversas situações em que as atividades não correspondem diretamente ao serviço, havendo os seguintes casos:

- várias atividades em um serviço (por exemplo, o serviço estrutura pode ser dividido em duas atividades: pilares e lajes/vigas);
- atividades com operações de dois ou mais serviços (por exemplo, a atividade vedação/colocação de marcos envolvendo operações dos serviços vedação e esquadrias).

Quando as operações de mais de um serviço são agregadas em uma atividade, relaciona-se a atividade ao serviço com as operações mais representativas da atividade. Este modelo de divisão da obra está apresentado na Figura 3.2.

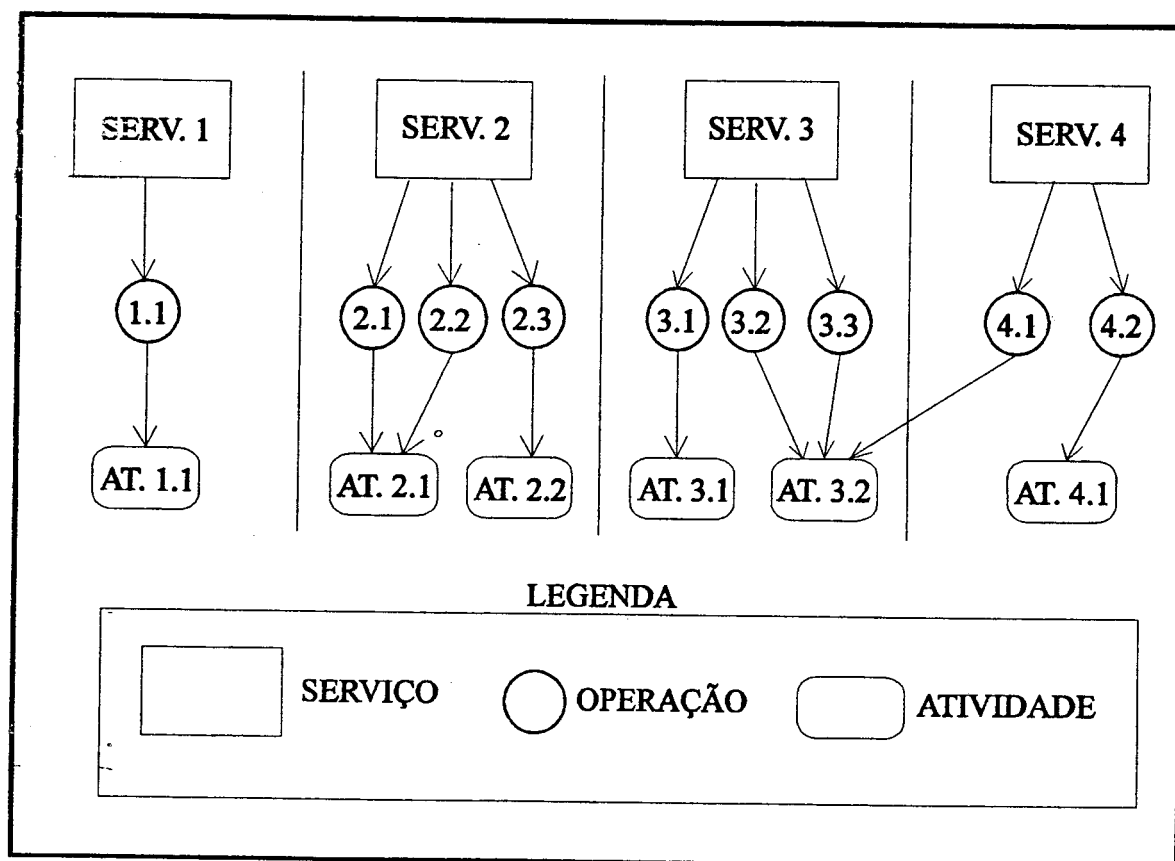


Figura 3.2 - Serviços, operações e atividades de uma construção

Os dados para representação do processo produtivo são assim obtidos:

- as diversas operações são organizadas segundo o seu seqüenciamento ocorrido na atividade. Isto é feito conforme o fluxograma do processo, apresentado no item 3.1.2 a seguir;
- as diversas atividades são representadas segundo o macro-fluxo do processo, conforme é explicado no item 3.1.3;
- após a representação do macro-fluxo do processo, descreve-se distorções ocorridas em relação a esta seqüência estabelecida, conforme mencionado no item 3.1.4.

Além da representação do processo através destes instrumentos, realiza-se a descrição das operações em obra (materiais envolvidos, forma de organização do trabalho e habilidades necessárias à operação, equipamentos e ferramentas utilizados, etc.) e faz-se observações sobre a organização geral dos trabalhos (postos de trabalho, transportes internos, estoques de materiais, organização do canteiro, condições de execução durante a obra, etc.).

### 3.1.2 Fluxograma do processo

O fluxograma do processo é uma técnica para se registrar um processo de maneira compacta, a fim de tornar possível sua melhor compreensão (Barnes, 1977). Utiliza-se o fluxograma, no presente trabalho, para representar os diversos passos ou eventos necessários para execução de uma atividade, como definida na divisão das etapas da obra. O fluxograma inicia com a entrada dos materiais e componentes em obra, e os segue em cada um dos seus passos no canteiro, tais como armazenagens, transportes, junções com outros materiais, montagens, até que se complete a atividade.

Os símbolos utilizados no fluxograma do processos são os apresentados na Figura 3.3.

Ao se iniciar a representação do processo através do fluxograma é preciso inicialmente decidir o nível de detalhe das operações e manter a coerência durante toda a execução do gráfico (Currie, 1963). Parker e Oglesby [1972] ressaltam a importância de se manter o nível de detalhe durante toda a representação, exemplificando que a operação inserir o parafuso da dobradiça da porta não é comparável com lançar 50 m<sup>3</sup> de concreto.

A elaboração dos fluxogramas do processo foi baseada em modelos apresentados nas seguintes bibliografias: Barnes [1977], Currie [1963], Parker e Oglesby [1972] e Drewin [1982]<sup>1</sup>.

---

1. Para maiores detalhes recomenda-se consulta a uma destas bibliografias.






SÍMBOLO	NOME	RESULTADO
	OPERAÇÃO	Produz, modifica
	ARMAZENAMENTO	Parada em depósito
	TRANSPORTE	Move
	ESPERA	Parada temporária
	INSPEÇÃO	Verifica, checa

Figura 3.3 - Símbolos utilizados no fluxograma do processo

### 3.1.3 Macro-fluxo do processo

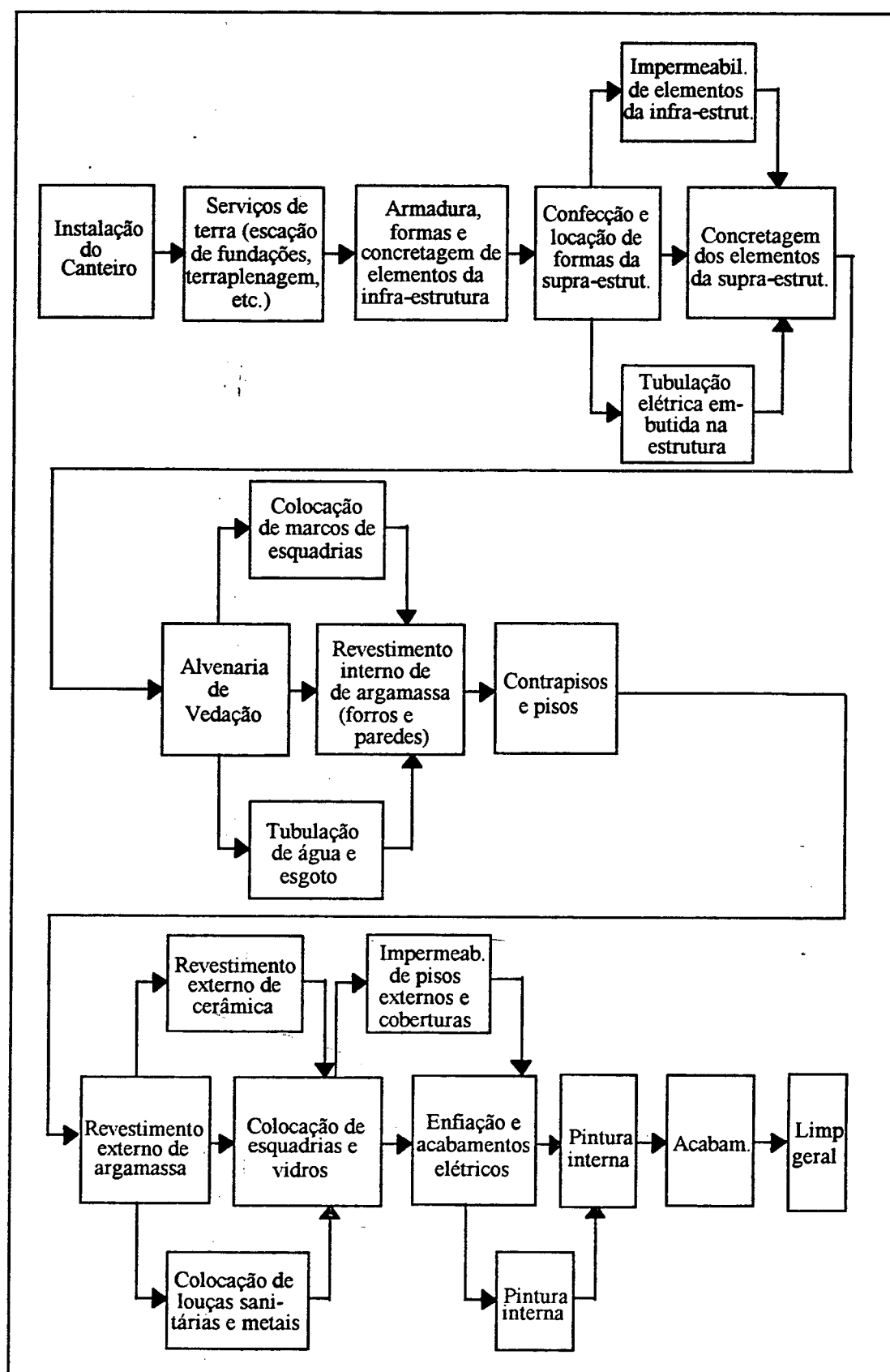
A organização das atividades conforme ocorreram na obra é realizada através do macro-fluxo do processo. A forma de sua montagem é a seguinte:

- 1) Listar as atividades definidas na divisão das etapas;
- 2) Descrever a interdependência entre as atividades;
- 3) Construir o macro-fluxo do processo através das atividades e de suas interdependências.

O procedimento para construção do macro-fluxo do processo é semelhante a elaboração da lógica de redes do tipo PERT/CPM<sup>2</sup>, quando representadas através do diagrama de blocos. Entretanto, não se busca estabelecer os tempos e encontrar o caminho crítico do processo, como ocorre na construção de diagramas PERT/CPM. O macro-fluxo apresenta apenas as atividades e seu inter-relacionamento, como ilustra a Figura 3.4.

2. Sobre a construção de redes PERT/CPM, ver ANTILL e WOODHEAD [1971]



Figura 3.4 - Macro-fluxo da produção de edificações<sup>3</sup>

Destaca-se também que o macro-fluxo apresenta somente as atividades consideradas repetitivas<sup>4</sup>. Há algumas atividades eventuais, necessárias devido a contingências, não incluídas na representação do macro-fluxo do processo. Um exemplo desta situação em canteiros com unidades repetitivas é a necessidade de realização de aterro ou corte antes do início da execução das casas, devido a questões de declividade do terreno. Este tipo de atividade pode ocorrer às vezes em parte das unidades, ou seja, não é necessária em todas as habitações. Por isso é considerada uma atividade anormal e excluída da representação do macro-fluxo do processo. Quando ocorrem atividades anormais durante o processo, deve-se descrever o fato.

### 3.1.4 Distorções em relação à seqüência estabelecida no macro-fluxo do processo

Além da representação da seqüência estabelecida, representa-se também as situações das atividades como ocorreram em obra, às vezes de forma diferente à situação estabelecida no macro-fluxo do processo. A estas situações convencionou-se chamar distorções. As distorções foram classificadas nas seguintes categorias:

#### 1) Sobreposição<sup>5</sup> de atividades

A sobreposição de atividades ocorre quando atividades realizadas normalmente de forma seqüencial eram executadas conjuntamente em parte ou na totalidade. A Figura 3.5 ilustra esta situação.

4. Conforme classificação de Rosso [1980], apresentada no capítulo 2.

5. Como visto no capítulo anterior, a sobreposição de atividades é conhecida na literatura inglesa como *overlapping* entre atividades. Adotou-se aqui a tradução sobreposição. No entanto, às vezes o *overlapping* pode também ser entendido como ultrapassagem, quando uma atividade que normalmente é realizada antes de uma sua sucessora a ultrapassa, sendo executada posteriormente.

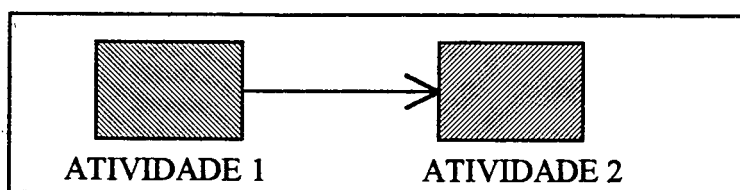


Figura 3.5 (a) - Atividades realizadas de forma sequencial

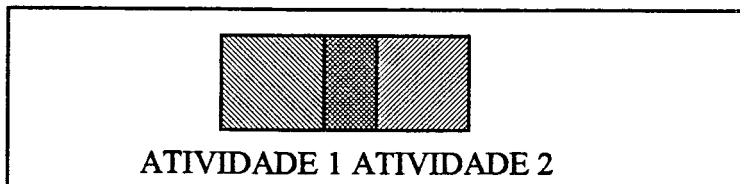


Figura 3.5 (b) - Sobreposição parcial de atividades

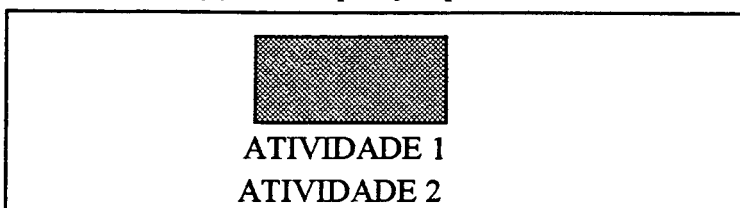


Figura 3.5 (c) - Sobreposição total de atividades

## 2) Divisão de uma atividade em duas ou mais

Em alguns casos atividades que são realizadas de forma contínua são subdivididas e realizadas como duas ou mais atividades. Um exemplo disto é uma laje, que normalmente é concretada inteira, quando executada em dois panos de lajes. Ver ilustração na Figura 3.6.

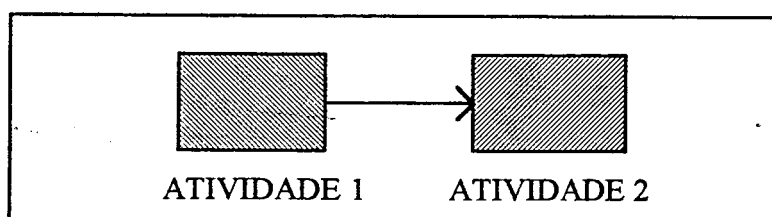


Figura 3.6 (a) - Atividades realizadas em uma etapa

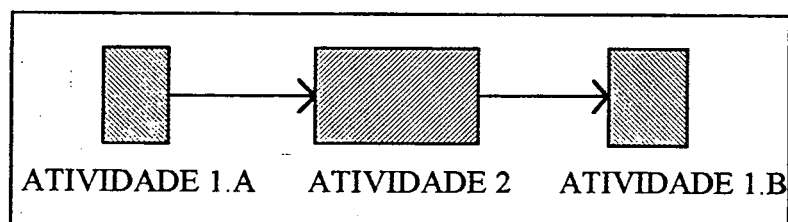


Figura 3.6 (b) - Atividade 1 realizada em duas etapas

### 3) Finalizações ou arremates

As finalizações ou arremates ocorrem quando uma atividade tiver a maior parte de suas tarefas concluídas, mas exige operações para acabá-la completamente. Normalmente esta distorção ocorre pela falta de consideração do inter-relacionamento de interfaces nas dependências entre atividades. Um exemplo disto é a necessidade de serviços de arremates nos revestimentos junto às forras e marcos, quando estes são colocados posteriormente a execução do reboco. Ver Figura 3.7. A diferença entre a divisão em duas atividades e o arremate ou finalização é que no primeiro caso são realizadas todas as operações definidas no fluxograma do processo, e no segundo caso apenas parte das operações é executada.

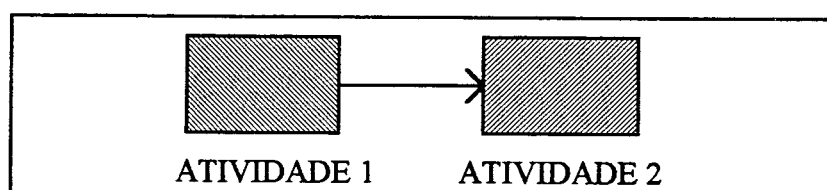


Figura 3.7 (a) - Atividades realizadas completamente

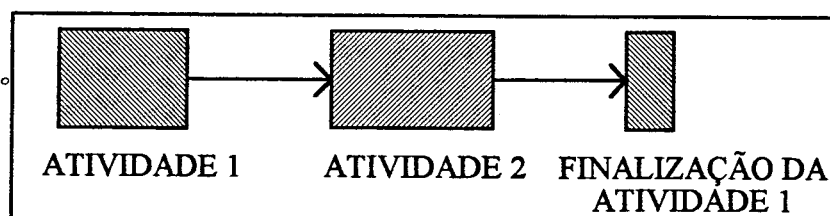


Figura 3.7 (b) - Atividade 1 realizada com arremate ou finalização

### 4) Retrabalhos

Em alguns casos após as atividades estarem completas, há avarias ou danos que exigem o retorno para reexecução de parte dos serviços, conforme apresenta o esquema da Figura 3.8.

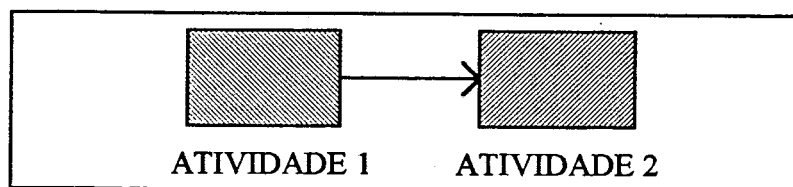


Figura 3.8 (a) - Atividades realizadas sem retrabalho

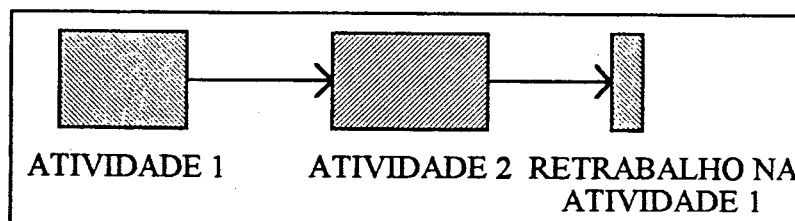


Figura 3.8 (b) - Atividade 1 realizada com retrabalho

Após a representação do macro-fluxo do processo são identificadas as distorções e discutidas as suas conseqüências no processo. Além disso, descreve-se a ordem de ataque das atividades a unidade habitacional, ou seja a forma como ocorreu o seqüenciamento de execução.

### **3.2 Descrição do projeto *CAMINHO NOVO* - Local do estudo de caso**

Descreve-se a seguir o projeto *CAMINHO NOVO* onde se obteve os dados dos processos produtivos de habitações.

#### **3.2.1 Descrição geral do projeto**

O projeto *CAMINHO NOVO* consiste em um conjunto habitacional localizado no município de Palhoça (Grande Florianópolis), no estado de Santa Catarina. O projeto urbanístico consta de 288 lotes destinados à construção de habitações, distribuídos em 9 quadras. Há ainda áreas reservadas a outros fins (área comunitária e esportiva, creche, escola, posto de saúde, área comercial, área de passeios, ruas e área verde). A área média dos terrenos destinados às habitações é de 154,30 m<sup>2</sup>, sendo mais representativo o lote com 150,0 m<sup>2</sup> (10,0 m de frente e 15,0 m de profundidade).

#### **3.2.2 Características do projeto da habitação**

O projeto da unidade habitacional é constituído de uma casa térrea unifamiliar isolada, de caráter popular, com 30 m<sup>2</sup> de construção coberta (5,0 m x 6,0 m). A parte interna não apresenta divisões de cômodos. Excetuando as paredes externas, há apenas as que separam o banheiro do restante da casa.

O projeto prevê as seguintes peças sanitárias: no banheiro um vaso sanitário, um lavatório e um ponto para chuveiro; uma pia de cozinha e um tanque de lavar roupa, localizado externamente a residência. Os pontos previstos na instalação elétrica são: duas tomadas baixas, três lâmpadas e um interruptor com tecla dupla e tomada para a sala; uma tomada em altura média próxima a pia; uma lâmpada, um interruptor e uma tomada no banheiro.

Há dois trechos no contorno externo da casa com calçada em concreto ripado: um na porta da frente, e outro entre a posição do tanque e a porta dos fundos. A residência recebe forro somente no banheiro e no beiral externo (contorno do telhado).

Quanto às esquadrias há duas portas externas, uma para o banheiro, três janelas de correr para quarto/sala, uma janela basculante no banheiro e outra próxima a pia da cozinha.

#### **3.2.3 Características das tecnologias adotadas no projeto**

As habitações no canteiro *CAMINHO NOVO* foram executadas por seis empresas, utilizando-se três tecnologias: processo construtivo tradicional, sistema construtivo com blocos intertravados (Travablocos) e sistema construtivo com peças de concreto pré-fabricadas. O Quadro 3.1 abaixo apresenta os dados sobre o número de habitações construídas segundo cada tecnologia, bem como quantas empresas as realizaram.

Quadro 3.1 - Tecnologias, número de empresas e número de habitações

TECNOLOGIA	NÚM. EMPRESAS	NÚM. HABITAÇÕES
Tradicional	3	138
Travablocos	1	60
Peças pré-moldadas	2	90
TOTAL		288

As tecnologias se caracterizam basicamente pelos métodos empregados no processo produtivo para execução de vedação e estrutura de sustentação da habitação, como descrito sinteticamente abaixo:

1) Processo construtivo tradicional

O processo construtivo tradicional utiliza alvenaria de tijolos cerâmicos para a função de vedação e estrutura de concreto armado como sistema de sustentação.

2) Sistema construtivo com blocos intertravados (Travablocos)

Reproduz-se aqui as informações apresentadas na ficha técnica ABCI/PINI 19 (PINI, 1992):

*"Sistema construtivo concebido a partir do uso de blocos de concreto com um sistema de encaixe e travamento especial que dispensa o uso de argamassa de assentamento. O sistema dispensa mão-de-obra especializada, a não ser para a fixação da primeira fiada no radier de fundação. Os blocos de concreto têm um desenho que prevê o seu posicionamento correto e furações para o travamento, feito através do uso de peças "tarugos" tronco-cônicas do mesmo material. A parede é erguida rapidamente e após sua conclusão exige apenas a vedação das frestas com rejunte de blocos."*

3) Sistema construtivo com placas de concreto pré-fabricadas

Este sistema é baseado no uso de pré-moldados de concreto armado - pilaretes e placas - com função estrutural e de vedação. Os pilaretes são enterrados no solo cerca de 50 cm e as placas encaixadas neles, deixando-se vãos para a caixilharia de portas e janelas.

Com a obra selecionada descrevem-se os processos produtivos em cada tecnologia, segundo a metodologia apresentada neste capítulo. Esta descrição está apresentada no próximo, demonstrando os resultados obtidos com o estudo realizado na execução do projeto *CAMINHO NOVO*.

## **CAPÍTULO 4**

### **DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO EM CADA TECNOLOGIA**

#### **4.1 Introdução**

A finalidade deste capítulo é descrever o processo produtivo para a execução das habitações, segundo cada uma das tecnologias adotadas no projeto *CAMINHO NOVO*.

Como referência para descrição dos serviços utilizou-se a estrutura apresentada a seguir:

- 01) Limpeza do terreno e locação da obra;
- 02) Fundação;
- 03) Estrutura;
- 04) Vedação;
- 05) Cobertura;
- 06) Inst. Elétrica;
- 07) Inst. Hidráulica;
- 08) Esquadrias completas (portas, janelas, ferragens e vidros);
- 09) Revestimento de paredes e forros;
- 10) Louças e metais;
- 11) Pavimentação (interna e externa);
- 12) Pintura e limpeza final.

Esta divisão segue basicamente a descrição genérica das funções e dos padrões estabelecidos para os serviços no projeto. Algumas atividades foram registrados através de fluxogramas do processo, apresentadas no ANEXO 1. Ao final de cada item de descrição das etapas do processo faz-se referências aos fluxogramas correspondentes ao item. Algumas fotos realizadas durante a execução do projeto *CAMINHO NOVO* são usadas durante este e o próximo capítulo, a fim de ilustrar situações discutidas no texto.

#### **4.2 Processo construtivo tradicional (PCT)**

##### **4.2.1 Etapas para execução da unidade (PCT)**

Estão apresentadas a seguir as diversas etapas necessárias a execução da habitação pelo processo tradicional.

##### **01) Limpeza do terreno e locação da obra**

Iniciam-se os trabalhos da limpeza do terreno (eliminação de arbustos, grama, sujeiras existentes no local). Este serviço é realizado por serventes, com utilização de ferramentas manuais apropriadas (enxadas, foices, pás, etc.). O material é retirado por carrinho de mão,



queimado e encaminhado para lixo. Desta forma o local da construção fica apto às condições de trabalho dos próximos serviços.

A locação é feita na seqüência, realizada para definir a posição da casa no terreno (fundações). Para se locar a obra são necessários instrumentos de medição e altimetria (metro, trena, mangueira de nível, esquadro, etc.). Na definição do local das fundações se utiliza cavaletes de madeira com linha de *nylon* posicionada por meio de pregos. Este serviço é realizado por um oficial (normalmente carpinteiro ou mestre/encarregado) e serventes. Executa-se controles de níveis, prumos e distâncias.

\* FLUXOGRAMAS DO PROCESSO: FP-T- 1, 2

## 02) Fundações

O tipo de fundação adotado na obra é a sapata corrida, realizada através da execução de viga em concreto armado. Nos casos mais comuns, após a limpeza do terreno e locação da obra, o serviço era realizado da seguinte forma: abertura de vala, apiloamento e regularização do fundo desta, colocação de lastro de brita, posicionamento de formas de madeira, colocação de armadura e lançamento e adensamento de concreto. Em alguns casos, devido a declividade do terreno, era necessário erguer-se uma pequena parede de alvenaria para nivelar a viga/sapata, acrescentando-se, portanto, mais uma atividade. Como não ocorria em todas as unidades habitacionais, a execução da parede para nivelar a fundação foi classificada como atividade anormal, não sendo incluída no macro-fluxo do processo.

Os principais materiais utilizados são: areia, pedra britada e cimento na confecção do concreto; madeira na confecção de formas; aços e barras de aço na confecção de armaduras. Eram utilizadas ferramentas manuais tradicionais (serrote, martelo, colher de pedreiro, etc.) e equipamentos elétricos (betoneira, serra elétrica e vibrador de concreto). Os controles executados são: nível, prumo, alinhamento e dimensões das formas; bitola, tipo e posição da armadura; consistência do concreto. Após a concretagem é respeitado o período de cura.

\* FLUXOGRAMA DO PROCESSO: FP-T-3

## 03) Estrutura

A estrutura de sustentação da casa é composta por pilares e cinta superior a alvenaria, executados em concreto armado. Este serviço era executado em diversas fases:

- pilares até 8a. ou 9a. fiada;
- pilares entre 8a. ou 9a. fiada e o nível do pé-direito;
- pilares dos oitões;
- cintas superiores em todo o contorno (laterais e oitões).

Estas várias atividades ocorreram devido a opção por executar a estrutura com menor utilização de formas, se apoiando no levantamento da alvenaria. Para isso, ao se construir as paredes eram deixados espaços para os pilares.

Os materiais, ferramentas, controles e observações são os mesmos já citados para a execução da fundação.

\* FLUXOGRAMAS DO PROCESSO: FP-T- 4.e 5

#### 04) Vedação

A vedação era realizada por intermédio de alvenaria de tijolos cerâmicos furados, incluindo paredes e oitões.

A alvenaria se inicia após a cura do concreto da sapata/viga e é feita em várias etapas pelo assentamento dos tijolos cerâmicos com argamassa de cimento, cal e areia. A primeira delas vai das fiadas junto a sapata até 8a. ou 9a. (havia diferença entre uma empresa e outra, devido a utilização de tijolos de dimensões diferentes), deixando-se espaços das portas e para concretagem dos pilares. A altura da alvenaria neste ponto corresponde ao nível inferior das janelas, iniciando-se então a execução dos pilares. Após o tempo de cura do concreto dos pilares, retiram-se as formas e continua-se a elevação da alvenaria até o final do pé-direito. Nesta fase o serviço se torna mais complexo: há necessidade de andaime, devido a altura de trabalho; além dos espaços para portas e pilares devem ser observadas as aberturas para janelas; devem ser posicionadas as vergas acima de portas e janelas. Ao se atingir a cota do pé-direito, interrompe-se a alvenaria para concretagem dos pilares entre a altura média e o nível da cinta superior.

Aguarda-se o tempo de cura do concreto e as desformas para continuação da alvenaria dos oitões. Estes são levantados, demandando trabalho moroso no arremate, devido a inclinação que devem ter (falta de peças adequadas). Esta fase é executada assim: levantamento dos tijolos, acerto da inclinação com tijolos quebrados e acerto da inclinação com argamassa.

A alvenaria é realizada por pedreiros (assentamento) e serventes (transporte/fornecimento de tijolos e massa), normalmente na proporção de dois oficiais para cada ajudante. Há ainda a preparação de argamassa, realizada por outro servente junto a betoneira.

Os controles na alvenaria são: nível, prumo, alinhamento, dimensões. Utilizam-se ferramentas manuais comuns (colher de pedreiro, prumo, nível).

\* FLUXOGRAMAS DO PROCESSO: FP-T- 6, 7 e 8

### 05) Cobertura

A cobertura se divide em duas grandes etapas: estrutura do telhado e telhamento. A primeira consiste na execução e montagem da estrutura de madeira para suporte da cobertura. A segunda é o posicionamento das telhas, peças complementares e arremates para formação do telhado.

Na execução da estrutura do telhado utilizava-se, na obra, madeiras de duas formas: bruta e aparelhada/beneficiada. As tesouras de sustentação do telhado eram sempre pré-montadas, sendo somente posicionadas no local definitivo. Após isto, confeccionava-se a trama (caibros com função de ripamento). Além de ajudantes semi-qualificados, os profissionais envolvidos necessitavam de habilidades de carpintaria. A maioria dos instrumentos eram ferramentas usuais de carpinteiros (serrotes, martelos e plainas). Os controles executados foram prumos, distâncias, esquadros e algumas verificações acerca da qualidade das madeiras utilizadas e das uniões executadas no local (fendas, nós, etc.).

Quanto ao telhamento, este era feito em algumas residências com uso de telhas cerâmicas e em outras com telhas de fibrocimento. Quando do uso de telhas cerâmicas, esta etapa consiste no posicionamento e encaixe das telhas sobre a estrutura de madeira, e posicionamento e arremates (com argamassa) das cumeeiras. Nas telhas de fibrocimento esta etapa é realizada pelo posicionamento e fixação (com pregos ou parafusos) das telhas e cumeeiras. Neste tipo de cobertura, há pouco serviço de arremate, porém, exige-se preparações prévias como cortes de peças (cantos).

Os profissionais envolvidas, na sua maioria, eram os mesmos responsáveis pela execução da estrutura de madeira.

\* FLUXOGRAMAS DO PROCESSO: FP-T- 9, 10 e 11

### 06) Instalações elétricas

As instalações elétricas eram formadas de diversas etapas. A primeira atividade consistia na abertura de rasgos na alvenaria nos locais determinados de passagem das instalações. A segunda era realizada pelo posicionamento das tubulações e fixação das caixas e quadros com argamassa nos rasgos de alvenaria. A terceira atividade era executada com a passagem dos fios pela tubulação embutida na parede e sua distribuição e fixação na estrutura de cobertura, através de roldanas. Outra atividade consistia na instalação dos interruptores, tomadas e disjuntores.

Estes serviços eram feitos, na maioria dos casos observados, por empreiteiros especializados, em equipes compostas por oficial eletricista e ajudante. Às vezes havia emprego de serventes em atividades que não exigiam habilidades específicas, como por exemplo, no rasgo das paredes. A maioria dos instrumentos utilizados eram ferramentas manuais usuais (alicate, chave de fenda, arco de serra, talhadeira, ponteira, etc.), e algumas ferramentas elétricas (furadeira).

**\* FLUXOGRAMAS DO PROCESSO: FP-T- 12, 13, 14 e 15****07) Instalações hidráulicas**

As instalações hidráulicas eram divididas em duas partes: instalações de água fria e instalações de esgoto.

As atividades de instalações de água fria consistem no rasgo das paredes, montagem de ramal (tubulações e conexões) e o assentamento e instalação da caixa d'água no seu local definitivo.

Nas instalações de esgoto identificaram-se duas atividades: instalações de ramal de esgoto e execução de caixas de passagem/caixa de gordura. A primeira consiste na abertura de valas, montagem de ramal de esgoto (tubulações e conexões), seu assentamento e reaterro da vala escavada.

Estes serviços foram realizados, em sua maioria, por empreiteiros especializados (oficial encanador e ajudante), com ajuda em alguns casos de serventes em serviços que dispersam habilidade específica (por exemplo, em abertura de valas para assentamento de tubos de esgoto). Os equipamentos utilizados eram compostos basicamente de ferramentas manuais (lima, grossa, arco de serra, chave grifo, etc.).

**\* FLUXOGRAMAS DO PROCESSO: FP-T- 16, 17, 18, 19 e 20****08) Esquadrias completas (portas, janelas, ferragens e vidros)**

São várias as etapas incluídas neste serviço:

- colocação de forras e marcos;
- colocação de portas e janelas;
- instalação de ferragens;
- colocação de vidros.

Os três primeiros itens se constituem em serviços próprios do oficial marceneiro, às vezes com auxílio de ajudante. A colocação de forras e marcos é realizada por chumbamento nas paredes, através de pregos previamente fixados nas peças. A colocação de portas e janelas consiste na fixação destas peças às forras e marcos, respectivamente. A instalação de ferragens é feita pela colocação de fechaduras, maçanetas, trincas e demais acessórios para possibilitar o funcionamento das portas e janelas (movimentação, fechamento). Os equipamentos utilizados foram ferramentas manuais (serrotes, arco de pua, formão, etc.) e ferramentas elétricas (furadeira). Os cuidados nas instalações se referem ao prumo, nível e posições das peças e verificações do correto funcionamento (fechamento e movimento).

A colocação de vidros se constitui em serviço específico, realizado por empresa especializada, subempreitada.

**\* FLUXOGRAMA DO PROCESSO: FP-T- 21, 22 e 23****09) Revestimentos de paredes e forros**

Os serviços incluídos aqui são:

- chapisco de paredes internas;
- chapisco de paredes externas;
- reboco de paredes internas;
- reboco de paredes externas;
- forro de banheiro;
- beiral de madeira;

As etapas de chapisco (interno e externo) se constituem no recobrimento das paredes e estrutura com uma camada de argamassa lançada sobre estas. É realizada por serventes na aplicação e na preparação da argamassa. Os instrumentos empregados são os usuais de pedreiro (colher de pedreiro, masseira, etc.)

As etapas de reboco (interno e externo) compõem-se do recobrimento das paredes, anteriormente chapiscadas, com argamassa mista (cimento, cal e areia). É realizada por pedreiros, com auxílio de serventes (preparo de argamassa, transporte e apoio). Utiliza-se desempenadeira, régua (madeira ou alumínio), colher de pedreiro, masseira, etc. Nesta etapa exige-se um controle quanto ao nivelamento da camada e da textura da superfície.

Os serviços de forro do banheiro e beiral do telhado (contorno externo) são executados por carpinteiros com apoio de serventes (transportes, auxílios, etc.). As ferramentas são as usuais de carpintaria (serrotes, martelos, enxó, etc.).

**\* FLUXOGRAMAS DO PROCESSO: FP-T- 24, 25 e 26**

#### **10) Louças e metais**

Esta etapa consiste no assentamento das louças sanitárias e metais acessórios na posição definitiva e suas ligações com as redes de água e esgoto. Realizado pelos mesmos profissionais responsáveis pela instalação hidráulica, com o emprego de ferramentas semelhantes as já citadas. Demanda ainda alguns serviços de pedreiro para assentamento das peças (tanque e pia).

**\* FLUXOGRAMA DO PROCESSO: FP-T- 27**

#### **11) Pavimentação (interna e externa)**

Estão incluídos aqui os seguintes serviços:

- Contrapiso interno;
- Cimentado interno;
- Piso externo.

A etapa de contrapiso interno é composta de uma série de tarefas: regularização do terreno (nivelamento e apiloamento), colocação de lastro de brita, lançamento, adensamento e regularização do concreto do contrapiso. Este serviço é realizado por pedreiros, com auxílio de serventes (regularização do terreno, preparação do concreto, apoio as diversas atividades).

Os instrumentos utilizados são os usuais de pedreiro (colher de pedreiro, régua, nível, desempenadeira, etc.). Os controles se referem praticamente a um correto nivelamento da superfície.

Depois de acabada esta etapa, executa-se o cimentado, através do lançamento e regularização de uma camada de argamassa, proporcionando um melhor acabamento da superfície. Os operários e equipamentos são semelhantes aos do contrapiso.

O piso externo é realizado aproximadamente como o contrapiso interno, procurando-se contudo, deixar um melhor acabamento da superfície, através de desempenamento, dispensando assim a execução do cimentado posterior.

\* FLUXOGRAMAS DO PROCESSO: FP-T- 28, 29 e 30

#### 12) Pinturas e limpeza final

Os serviços incluídos aqui são:

- Pinturas de esquadrias e forros de madeira;
- Limpeza final.

O primeiro serviço é realizado por profissionais especializados (pintores) e seus ajudantes. Consiste na aplicação de tintas para recobrir as superfícies das esquadrias e forros, com a finalidade de lhes proporcionar proteção e acabamento estético. Os instrumentos utilizados são pincéis, rolos, lixas, etc..

O serviços de limpeza final compõem-se da retirada de sujeiras, entulhos e remoção de manchas de pisos, paredes, vidros, louças sanitárias, esquadrias, etc.. É realizado por serventes.

\* FLUXOGRAMAS DO PROCESSO: FP-T- 31, 32

#### 4.2.2 Macro-fluxo do processo de execução da unidade (PCT)

O processo produtivo na construção tradicional se compõe do somatório dos serviços descritos anteriormente. No entanto, como apresentado, estes se dividiam em várias atividades, realizadas em momentos diferentes da obra. O Quadro 4.1 apresenta as diversas etapas de execução da unidade habitacional, segundo o conceito de atividade.

As dependências entre as atividades estão apresentadas a seguir no Quadro 4.2, e na sequência é apresentado o macro-fluxo do processo de execução das unidades habitacionais (Figura 4.1). Estas atividades e dependências foram as mais representativas observadas, ou seja, segundo o seqüenciamento normalmente estabelecido, havendo casos com diferentes situações, mencionadas no próximo item. Acrescenta-se ainda existir as seguintes atividades anormais:

- conforme já mencionado havia em algumas unidades a atividade *parede em alvenaria para nivelamento de viga/sapata*, realizada após a limpeza do terreno e antes das fundações, devido à declividade do terreno;

- em algumas casas foi necessário a execução de uma escada para acesso as portas, devido também a problemas de declividade. Esta atividade também foi considerada anormal e não está incluída no macro-fluxo do processo. Sua execução ocorria após a conclusão da calçada externa e antes da limpeza final.

Quadro 4.1 - Serviços e atividades na construção tradicional

Serviço	Atividades
01) Limpeza do terreno e locação da obra	01) Limpeza do terreno 02) Locação da obra
02) Fundação	03) Sapata corrida
03) Estrutura	04) Pilares I 05) Pilares II 06) Pilares oitões 07) Cintas superiores
04) Vedação	08) Alvenaria I 09) Alvenaria II 10) Alvenaria dos oitões
05) Cobertura	11) Estrutura de madeira I 12) Estrutura de madeira II 13) Telhamento
06) Instalações elétricas	14) Rasgo de paredes elet. 15) Tubulações e caixas elet. 16) Fiação elétrica 17) Inter., tom. e disjuntores
07) Instalações hidráulicas	18) Rasgo de paredes hidr. 19) Ramais de água fria 20) Caixa d'água 21) Ramais esgoto 22) Caixas de passagem
08) Esquadrias	23) Forras e marcos 24) Portas e janelas 25) Ferragens 26) Vidros
09) Revestimentos	27) Chapisco interno 28) Chapisco externo 29) Reboco interno 30) Reboco externo 31) Forro WC 32) Beiral telhado
10) Louças e metais	33) Louças e metais
11) Pavimentação	34) Contrapiso 35) Cimentado interno 36) Calçada externa
12) Pinturas e limpeza final	37) Pintura em madeira 38) Limpeza final



Quadro 4.2 - Interdependência entre atividades na construção tradicional

Atividades	Dependência
01) Limpeza do terreno	
02) Locação da obra	01
03) Sapata corrida	02
04) Pilares I	08
05) Pilares II	09
06) Pilares oitões	10
07) Cintas superiores	06
08) Alvenaria I	03
09) Alvenaria II	04
10) Alvenaria dos oitões	05
11) Estrutura de madeira I	07
12) Estrutura de madeira II	11
13) Telhamento	12
14) Rasgo de paredes elet.	07
15) Tubulações e caixas elet.	14
16) Fiação elétrica	13, 30
17) Inter., tom. e disjuntores	16
18) Rasgo de paredes hidr.	07
19) Ramais de água fria	18, 20
20) Caixa d'água	07
21) Ramais esgoto	03
22) Caixas de passagem	21
23) Forras e marcos	07
24) Portas e janelas	35
25) Ferragens	24
26) Vidros	37
27) Chapisco interno	07
28) Chapisco externo	28
29) Reboco interno	15, 19, 23, 27
30) Reboco externo	15, 19, 23, 28
31) Forro WC	20, 29
32) Beiral telhado	13, 30
33) Louças e metais	35
34) Contrapiso	21, 29
35) Cimentado interno	34
36) Calçada externa	22, 30
37) Pintura em madeira	25, 32, 31
38) Limpeza final	17, 26, 33, 36

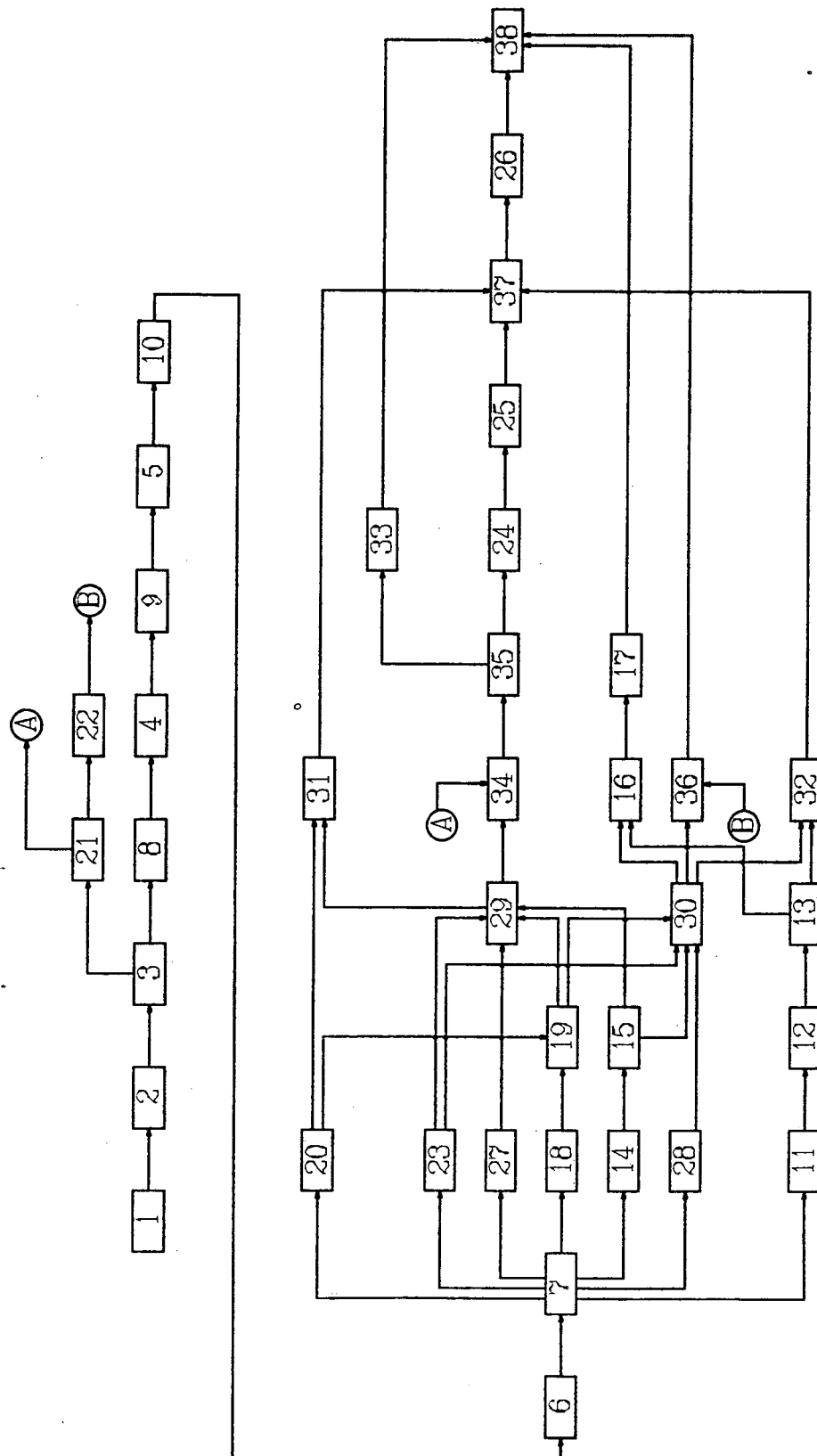


Fig. 4.1 - MACRO-FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO DA CONSTRUÇÃO TRADICIONAL

Outra questão a mencionar é a diferença em alguns casos entre seqüências de uma empresa para outra na instalação da caixa d'água e o assentamento do ramal de água fria (atividades [20] e [19]). Duas das empresas executaram inicialmente a instalação da caixa d'água (atividade [20]) e posteriormente o ramal de água fria [19]), sendo esta a ordem estabelecida no macro-fluxo. A terceira empresa executava a ordem inversa (primeiro a atividade [19] e depois a atividade [20]). Esta questão demonstra uma forma de dependência interessante: pode-se executar com qualquer forma de ataque, ou seja, a ordem pode ser invertida. Após a execução da primeira, executa-se a segunda e é feita uma ligação entre as duas.

Com relação aos ramais de esgoto houve também diferença em relação a forma de execução entre as empresas. Duas delas executavam os ramais escavando abaixo da viga/sapata de fundação. Outra realizava a viga, deixando espaço para passagem das tubulações. No primeiro caso, representado no macro-fluxo do processo, há necessidade de uma operação em relação a outra forma de execução, ou seja, a escavação. No entanto, a segunda forma demanda arremates na viga de fundação, após a execução dos ramais de esgoto, que poderia ser classificada como mais uma atividade.

#### 4.2.3 Distorções em relação ao macro-fluxo estabelecido para o processo (PCT)

Este item apresenta as distorções observadas em relação ao macro-fluxo do processo estabelecido para a construção tradicional.

##### 1) Sobreposição de atividades

A sobreposição de atividades ocorreu na realização das atividades [01] *Limpeza do terreno* e [02] *Locação da obra*. Observou-se, em alguns casos na obra, a realização de limpeza do terreno e locação simultaneamente, não existindo rigidez na precedência. Desta forma, os cavaletes eram posicionados e só posteriormente feita a limpeza, para início das fundações, conforme ilustra a Figura 4.2. A execução desta forma resulta em problema de construtibilidade na atividade [02] *Locação da obra*, devido a falta de limpeza no local de trabalho, que pode acarretar dificuldade na movimentação para execução das tarefas da locação.

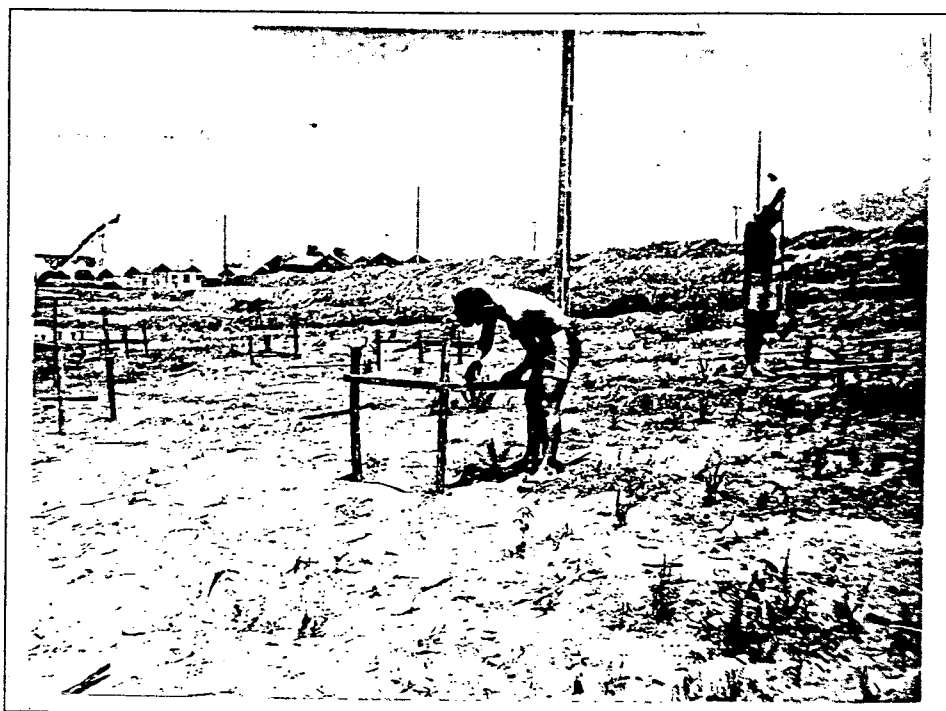


Figura 4.2 - Locação iniciando sem prévia limpeza do terreno

## 2) Divisão de uma atividade em duas ou mais

Observou-se isto, por exemplo, nas seguintes situações:

- em uma residência após a execução de alvenaria e pilares até a meia altura (alvenaria I e pilares I), executou-se o chapisco das paredes externas, ou seja, metade da atividade [28]. Neste caso a atividade foi realizada com duas visitas ao local de trabalho: atividade [28a] *chapisco externo até meia altura* e [28b] *chapisco externo restante da residência*;
- em algumas residências o contrapiso foi executado em dois momentos distintos, ou seja, duas atividades: [34a] *contrapiso de sala/quartos* e [34b] *contrapiso do banheiro*. Isto ocorreu devido a falta de execução da atividade precedente [21] *ramais de esgoto* antes do início do contrapiso. Como o banheiro se constitui em um espaço separado por vigas de fundação e a dependência ocorre somente na sua região, a atividade realizada separadamente como [34a] *contrapiso de sala/quartos* não depende da execução dos ramais de esgoto. Após a execução dos ramais de esgoto (atividade [21]), realizava-se então, o contrapiso do banheiro (atividade [34b]);
- além dos casos acima, várias atividades tiveram interrupções durante a execução, sendo realizadas sem continuidade. A equipe de execução iniciava os trabalhos em uma unidade e às vezes se deslocava para outra residência ou posto de trabalho, antes de concluir totalmente a atividade, regressando para terminá-la mais tarde. Isto ocorria porque os operários participavam de mais de um serviço no canteiro, sendo necessária a sua presença em tarefas de outras frentes de trabalho, como por exemplo

concretagens. A maior frequência ocorria em atividades em que havia divisões internas na tarefa, que não acarretam problemas de continuidade, tais como: as alvenarias eram executadas por parede de forma independente, sendo possível a divisão em trechos entre pilares; o revestimento externo era realizado por fachada, sendo esta a única unidade realizada de forma ininterrupta em todos os casos: em várias residências executava-se uma ou mais fachadas do revestimento e interrompe-se o serviço. Apesar de não haver problemas em relação a retrabalho, a divisão da atividade exige a realização dos trabalhos em um número maior de visitas que o mínimo possível.

### 3) Finalizações ou arremates

Os arremates ou finalizações ocorreram nas seguintes situações:

- em alguns casos não se executou a unidade habitacional com a precedência da atividade [23] *Fornas e marcos* sobre a [30] *Reboco das paredes externas*. Com isto, era necessário a realização de pelo menos duas visitas a unidade, a primeira para realizar a maior parte do reboco e a segunda para realizar os arremates junto as fornas e marcos colocados posteriormente a execução do revestimento, conforme ilustra a Figura 4.3.



Figura 4.3 - Arremate do revestimento externo junto a fornas e marcos

### 4) Retrabalhos

Os casos de retrabalho na construção tradicional ocorreram na seguinte situação:

- em algumas unidades realizou-se o reboco das paredes antes da completa execução dos assentamentos de tubulações hidráulicas ou elétricas. Um dos casos, ilustrado pela

Figura 4.4, ocorreu na realização da atividade [30] *Reboco de paredes externas* antes do término completo da atividade [14] *Assentamento de tubulações, caixas e quadros* (Inst. elétrica). Nesta situação, a falta de observação de precedência gerou um retrabalho, com maior utilização de material e mão-de-obra no revestimento, além de aumentar a dificuldade de execução dos rasgos para assentamento das tubulações.

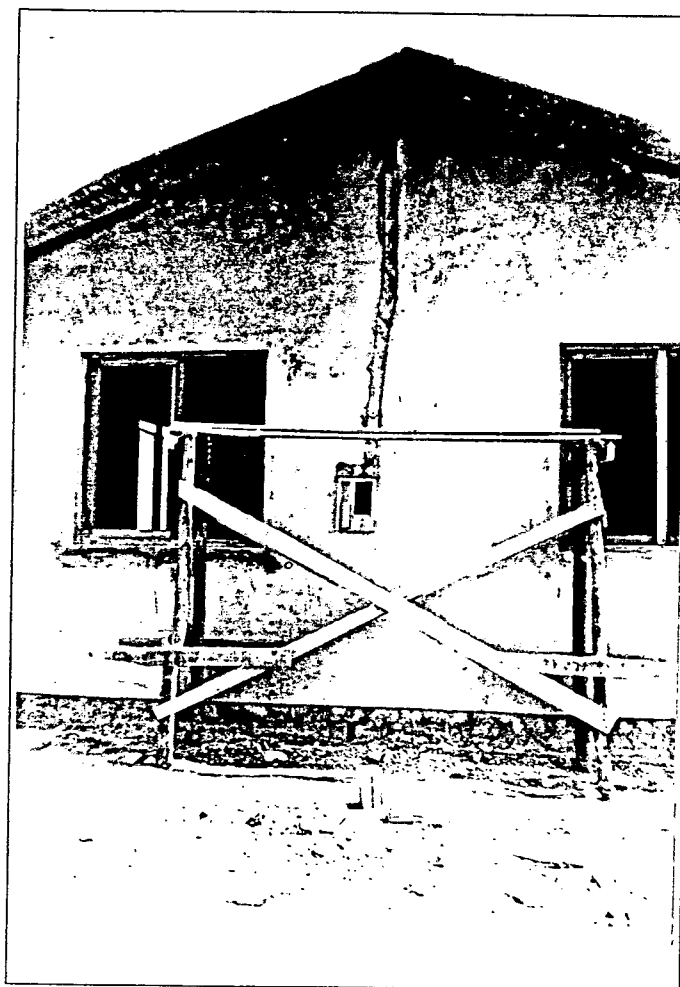


Figura 4.4 - Retrabalho no revestimento externo

#### 4.2.4 Ordem de execução das atividades (PCT)

Quanto a ordem de ataque, verificou-se a falta de uma sequência única. Isto ocorreu com frequência após a conclusão da atividade [07] *Cinta superior*, a partir da qual abrem-se vários caminhos para execução de atividades. Em algumas unidades se executava inicialmente a cobertura (atividades [11], [12] e [13]), em outras realizava-se o revestimento externo (atividades [28] e [30]), como ilustra a Figura 4.5. A casa em primeiro plano apresenta a execução do revestimento externo, sem que haja cobertura na casa. A casa do fundo apresenta o telhamento quase completo, sem o revestimento executado.

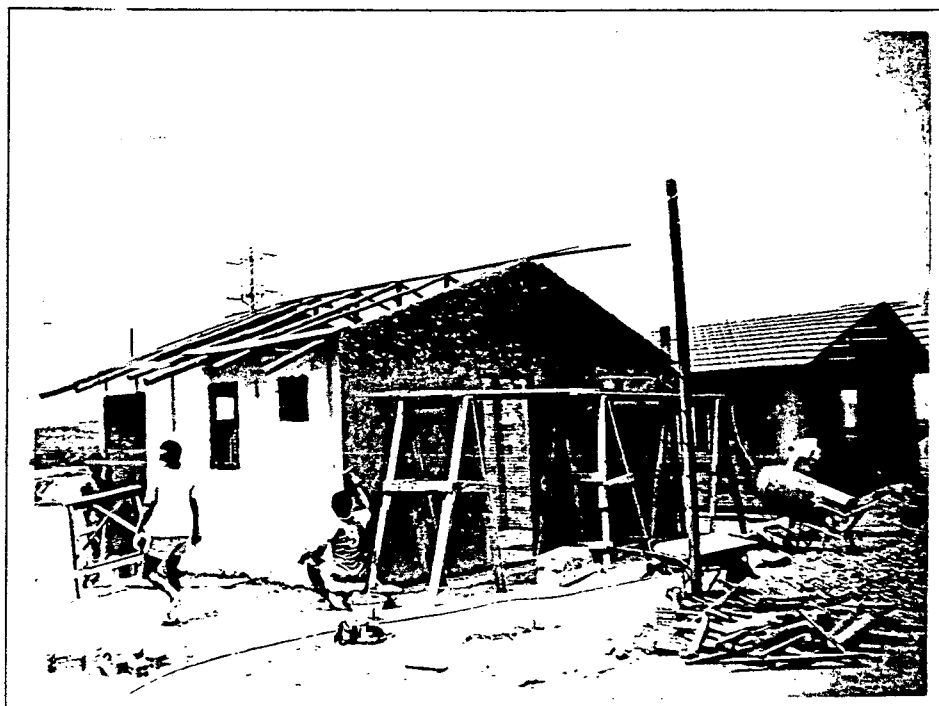


Figura 4.5 - Unidades habitacionais em estágios diferentes de execução

Outra situação é a execução das unidades com as distorções citadas anteriormente. Na residência da Figura 4.6 observa-se a execução do revestimento externo com as forras e marcos já colocados (atividade [23]), enquanto na residência em primeiro plano da Figura 4.5 o revestimento externo está em fase de conclusão sem as forras e marcos colocados.

Devido a questões como as citadas acima, não é possível estabelecer um único caminho crítico de execução da unidade, já que são várias as seqüências de ataque realizadas na mesma obra.

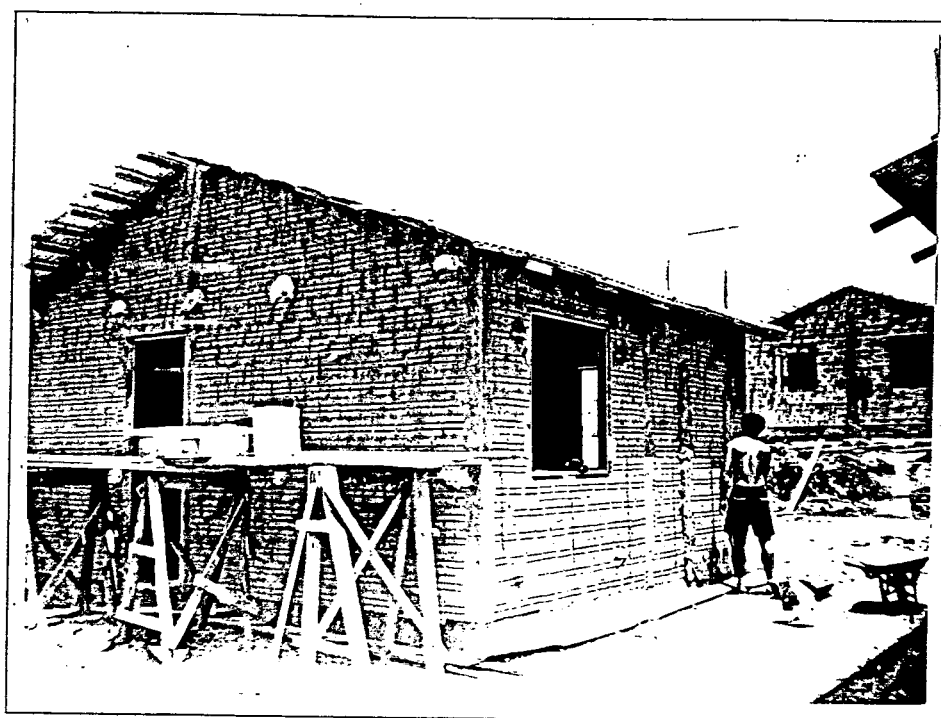


Figura 4.6 - Início da execução do reboco externo com a forras e marcos já colocados

### 4.3 Sistema construtivo com blocos de concreto intertravados (Travablocos)

#### 4.3.1 Etapas para execução da unidade (Travablocos)

As diversas etapas que compõem o processo produtivo do sistema construtivo com blocos intertravados (Travablocos) estão apresentadas a seguir. Em muitas partes a execução é feita da mesma forma ou com pequenas alterações em relação a maneira realizada no processo tradicional. Nas etapas ocorridas assim, apenas menciona-se o fato.

##### 01) Limpeza do terreno e locação da obra

A limpeza do terreno e a locação da obra são executadas de forma semelhante à construção tradicional.

##### 02) Fundação

Neste sistema a fundação adotada é o *radier* (placa de fundação em toda a dimensão da casa, executada em concreto armado). Nesta etapa utiliza-se habilidades semelhantes a execução de estrutura ou da viga/sapata na construção tradicional: carpintaria para preparo e montagem de formas de madeira, armação para preparo e posicionamento de armaduras e pedreiros no lançamento e adensamento de concreto.

Uma das exigências na execução da fundação é a necessidade do terreno estar nivelado (ou no máximo com uma pequena declividade). Caso não se verifique esta condição executa-se inicialmente o nivelamento do terreno, através de compactador mecânico, acrescentando-se



uma atividade. Na obra, o sistema construtivo Travablocos só foi executado em locais de pequena declividade, dispensando o nivelamento prévio.

Para a execução da etapa é necessário a realização anterior dos ramais de esgoto.

**\* FLUXOGRAMA DO PROCESSO: FP- B- 1**

**03) Estrutura**

A função de estrutura, neste sistema, é cumprida pela vedação, etapa descrita a seguir.

**04) Vedação**

A base do sistema é a execução das paredes, responsáveis pelas funções de vedação e estrutura. Esta etapa é realizada com emprego de elementos especialmente moldados para o processo construtivo, em fábrica própria, fora do canteiro de obras. Levantam-se as paredes através do encaixe de blocos de concreto uns sobre os outros, dispensando-se o uso de argamassa de assentamento. O posicionamento e o travamento são garantidos pelos detalhes de encaixe do tipo macho-e-fêmea e pela introdução de tarugos tronco-cônicos (moldados com o mesmo material) na furação dos blocos, fixando as fiadas.

A etapa é executada em várias atividades. A primeira é o assentamento da primeira fiada, onde se exige ainda a utilização de argamassa. Este serviço é fundamental na correta execução das paredes, pois esta fiada serve de guia para o assentamento dos blocos superiores, podendo causar problemas de prumo, se não for bem executada.

Outra atividade é a execução das paredes entre a segunda e a quinta fiada. Até esta fase as tarefas se resumem ao posicionamento dos blocos e tarugos. É necessário o emprego de blocos com as caixas elétricas já posicionadas, nos locais de tomadas baixas.

A partir da quinta fiada o serviço se torna mais complexo. Juntamente com o assentamento dos blocos são necessárias várias outras tarefas: colocação e fixação de esquadrias, posicionamento de tubulações e conexões hidráulicas, posicionamento de caixas e tubulações elétricas, execução de cinta superior à alvenaria (em concreto). Apesar desta complexidade, as tarefas são realizadas continuamente da sexta fiada até o nível do pé-direito, constituindo-se uma única atividade.

Após a execução da quinta fiada os serviços são executados da seguinte forma:

- inicialmente verifica-se o prumo das paredes e caso necessários são feitas correções;
- prossegue-se o levantamento da alvenaria, através do posicionamento dos blocos de concreto e dos tarugos tronco-cônicos, deixando-se os espaços das esquadrias;
- nesta execução devem ser colocados blocos especiais com caixas para interruptores ou tomadas, em posições definidas no projeto;
- no levantamento da parede são posicionadas as tubulações elétricas, em espaços próprios nos blocos;
- os ramais de instalações de água fria também são assentados com os blocos;

- ao se completar a sexta fiada assentam-se as forras e marcos;
- continua-se o levantamento dos blocos, até o nível superior das esquadrias;
- faz-se a fixação das forras e marcos de janelas, através do lançamento de concreto em espaços próprios existentes entre os blocos e as laterais das forras e marcos;
- colocam-se barras de aço e faz-se o lançamento de concreto nos blocos canaleta, formando uma cinta superior a vedação.

A última atividade desta etapa consiste na confecção dos oitões. Estes são executados pelo assentamento dos blocos. Há peças especiais, com a inclinação necessária e com canaleta para posterior concretagem e formação de cinta superior.

Verifica-se portanto, que apesar da simplificação no assentamento dos blocos (simplesmente encaixados, dispensando argamassa), há necessidade de uma série de habilidades na execução dos serviços. Observou-se, na obra, o emprego de uma equipe de operários polivalentes, com apenas uma exceção: o oficial encanador ficava responsável pela montagem dos *kits* de instalações de água fria. Apesar de haver um encarregado, liderando a atividade, as tarefas eram realizadas por toda a equipe (4 a 5 operários).

Utilizava-se ferramentas manuais usuais (colher de pedreiro, martelo de borracha, serretes, marreta, talhadeira, ponteira, etc.). Deve-se controlar frequentemente o prumo na execução da alvenaria, bem como nível das fiadas, nível das esquadrias colocadas e posições de pontos elétricos e hidráulicos.

Há algumas operações de preparação na atividade:

- as caixas de tomadas/interruptores devem ser posicionadas no blocos;
- os *kits* de instalações hidráulicas devem ser montados e chumbados nos blocos;
- as forras e marcos devem ser preparados para assentamento (colocação de pregos nas laterais, cortes, lixamento, arremates);
- a argamassa para assentamento de primeira fiada deve ser produzida;
- o concreto para vergas, fixação de esquadrias e cinta superior deve ser misturado na obra.

A utilização de argamassa e concreto é relativamente pequena. Devido a isso, na obra não se utilizou posto de trabalho fixo para a betoneira. A argamassa e o concreto eram virados à mão ou em pequenas betoneiras próximas ao local de execução das atividades.

Além destas tarefas prévias, há a separação dos blocos destinados a uma casa, já que o sistema é baseado em peças especiais para encaixe, havendo um número exato de blocos para cada unidade (peças de canto, peças para oitões, etc.). Normalmente as peças eram descarregadas próximas às casas a serem executadas, demandando pequenas distâncias de transporte.

\* FLUXOGRAMA DO PROCESSO: FP- B- 2,3,4

05) Cobertura

A cobertura é realizada da mesma forma que a construção tradicional. Neste sistema foram utilizadas apenas telhas cerâmicas.

#### 06) Instalações elétricas

As instalações elétricas apresentaram algumas diferenças na execução, se comparadas à forma convencional. Como mencionado, as caixas e quadros são posicionados em blocos e assentados durante a fase de vedação. As tubulações são colocadas em espaços existentes no blocos, também durante a vedação. Essas tarefas são executadas pela equipe responsável pelo levantamento das paredes e não por eletricitistas.

A partir desta situação as demais etapas são realizadas de forma semelhante à construção tradicional (com emprego de oficiais eletricitistas ou subempreiteiros contratados), valendo as observações feitas para aquele caso.

#### 07) Instalações hidráulicas

As instalações hidráulicas também apresentaram diferenças na execução.

Com relação às instalações de água fria, parte dos ramais são montados juntamente com a etapa de vedação. Após este trabalho é necessário a ligação das tubulações de paredes com a caixa d'água.

Quanto às instalações de esgoto, a etapa de ramais é uma das primeiras atividades da unidade habitacional. Isto se deve ao tipo de fundação utilizada (*radier*), dependente de sua realização. A outra atividade (caixas de passagem e gordura) não apresentou diferenças significativas em relação a forma tradicional de execução.

#### 08) Esquadrias completas (janelas, portas, vidros e ferragens)

Exceto a colocação de forras e marcos, descritas na etapa de vedação, as demais atividades não apresentaram alterações significativas no modo de execução realizado na construção tradicional.

#### 09) Revestimento de paredes e forros

A etapa de revestimento é realizada de forma distinta em relação à forma convencional. Após o assentamento dos blocos e feito um rejunte das frestas entre os blocos (com argamassa de cimento e areia). Executa-se a regularização das superfícies, com argamassa nos blocos que apresentam falhas. Faz-se, então, um lixamento geral das paredes, para eliminar defeitos (ressaltos) que os blocos apresentam em suas superfícies, deixando a parede apta para receber pintura.

As tarefas são mais simples que as realizadas na construção tradicional, podendo ser realizadas por serventes ou profissionais de menor qualificação que naquele processo.

Nos banheiros e em uma faixa acima da pia é realizado um revestimento alisado, de forma semelhante aos rebocos da construção tradicional.

O forro do banheiro e beiral de contorno do telhado foram executados de forma semelhante ao modo tradicional.

**\* FLUXOGRAMA DO PROCESSO: FP-B- 5**

**10) Louças e metais**

Este serviço é realizado sem grandes alterações em relação à forma convencional

**11) Pavimentação (interna e externa)**

Devido ao tipo de fundação utilizada, é dispensada a execução do contrapiso interno. Sobre o *radier* de fundação aplica-se diretamente a camada de regularização (cimentado). A parte externa não apresentou alterações em relação a forma tradicional.

**12) Pinturas e limpeza final**

Os serviços incluídos aqui foram realizados de forma semelhante à construção tradicional.

**4.3.2 Macro-fluxo do processo de execução da unidade (Travablocos)**

As atividades para execução da unidade habitacional no sistema construtivo de blocos de concreto intertravados (Travablocos) estão apresentados no Quadro 4.3. Na sequência são apresentadas as dependências entre as atividades (Quadro 4.4) e o macro-fluxo do processo (Figura 4.7) neste tipo de sistema construtivo.

Quadro 4.3 - Serviços e atividades no sistema Travablocos

Serviço	Atividades no sistema Travablocos
01) Limpeza do terreno e locação da obra	01) Limpeza do terreno 02) Locação da obra
02) Fundação	03) Fundação <i>radier</i>
03) Estrutura	
04) Vedação	04) Vedação I 05) Vedação II 06) Vedação III 07) Oitões
05) Cobertura	08) Estrutura de madeira I 09) Estrutura madeira II 10) Telhamento
06) Instalações elétricas	11) Fiação elétrica 12) Inter., tom. e disjuntores.
07) Instalações hidráulicas	13) Caixa d'água 14) Ramais esgoto 15) Caixas de passagem
08) Esquadrias	16) Portas e janelas 17) Ferragens 18) Vidros
09) Revestimentos	19) Rejunte/arremates 20) Revestimento alisado 21) Forro WC 22) Beiral telhado
10) Louças e metais	23) Louças e metais
11) Pavimentação	24) Cimentado interno 25) Calçada externa
12) Pinturas e limpeza final	26) Pintura em madeira 27) Limpeza final

Quadro 4.4 - Interdependência entre atividades no sistema Travablocos

Atividades	Dependência
01) Limpeza do terreno	
02) Locação da obra	01
03) Fundação <i>radier</i>	14
04) Vedação I	03
05) Vedação II	04
06) Vedação III	05
07) Oitões	06
08) Estrutura de madeira I	07
09) Estrutura de madeira I	08
10) Telhamento	09
11) Fiação elétrica	10
12) Inter., tom. e disjuntores	12
13) Caixa d'água	07
14) Ramais esgoto	02
15) Caixas de passagem	14
16) Portas e janelas	24
17) Ferragens	16
18) Vidros	18
19) Rejunte/arremates	07
20) Revestimento alisado	19
21) Forro WC	13
22) Beiral telhado	10
23) Louças e metais	20,24
24) Cimentado interno	07
25) Calçada externa	07, 15
26) Pintura em madeira	16, 21, 22
27) Limpeza final	12, 17, 18, 23, 25

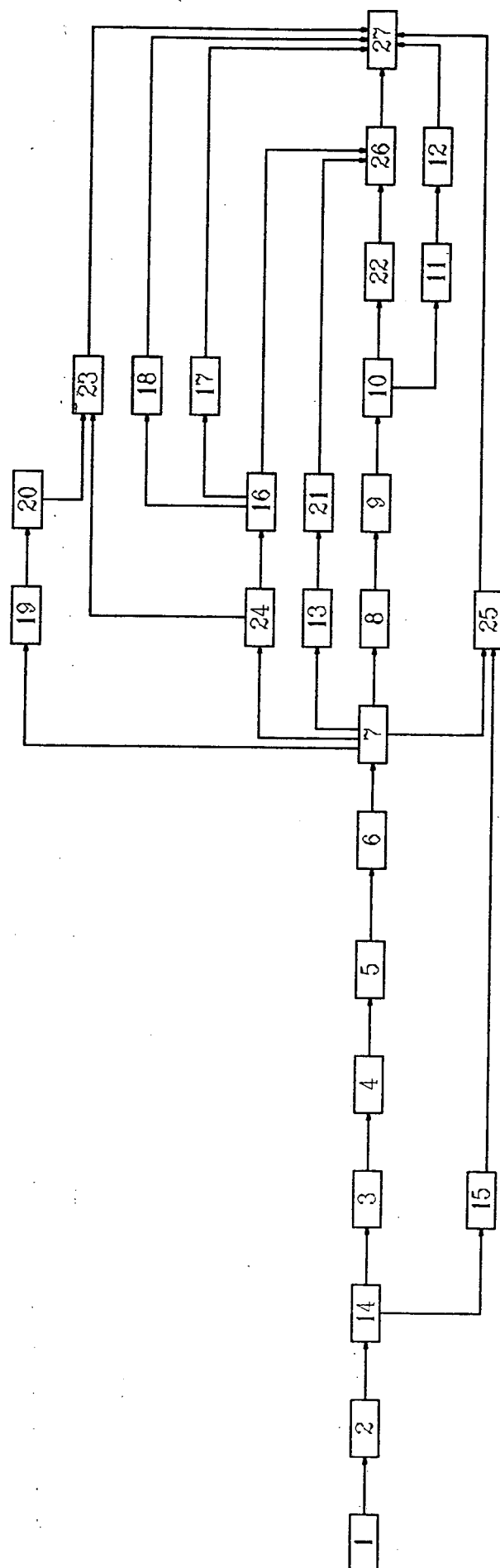


Fig. 4.7 - MACRO-FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO DO SISTEMA TRAVABLOCOS

### 4.3.3 Distorções em relação ao macro-fluxo estabelecido para o processo (Travablocos)

#### 1) Sobreposição entre atividades

Não se observou nenhuma sobreposição entre atividades neste sistema construtivo.

#### 2) Divisão de uma atividade em duas ou mais

Algumas atividades foram realizadas de forma distinta à da estabelecida no macro-fluxo do processo, nos seguintes casos observados:

- a etapa de vedação III (da 6a. fiada até a altura do pé-direito) foi realizada em algumas unidades em duas ou mais atividades. Isto ocorreu devido à falta de marcos e forras na obra, para completa execução do trabalho. Ao invés de realizar completamente a atividade, os operários iniciavam outras atividades em unidades habitacionais distintas, regressando às unidades anteriores para completar o serviço após a chegada dos marcos e forras. Desta forma a atividade [06] *Vedações III* era realizada em pelo menos duas visitas a algumas unidades;
- o rejunte/arremate das paredes também foi dividido em várias atividades, em boa parte das unidades habitacionais. Em algumas unidades a execução deste serviço era realizado em diversas visitas, praticamente aproveitando-se de folgas (poros) entre outras atividades. Isto ocorreu pela facilidade em se iniciar e parar a atividade: as ferramentas eram simples (uma colher de pedreiro adaptada), as preparações pequenas (apenas uma pequena quantidade de massa), como apresenta a Figura 4.8.

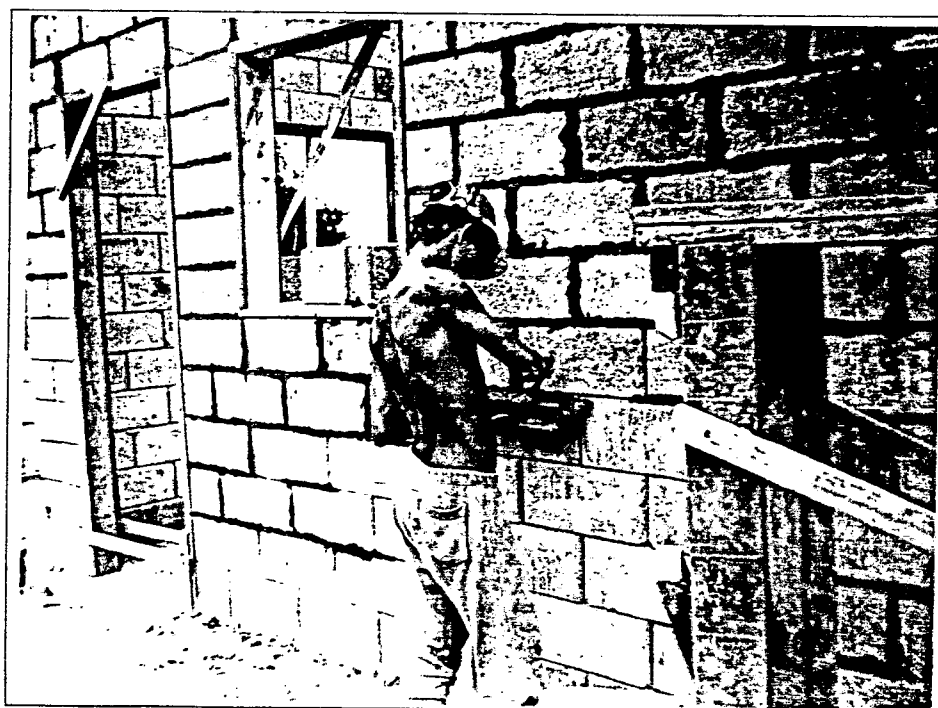


Figura 4.8- Execução da atividade rejunte das paredes



### 3) Finalizações ou arremates

Observou-se a seguinte situação neste sistema construtivo:

- foi necessário a realização de arremate para finalizar o telhamento junto à testeira. Isto ocorreu devido à forma de execução das unidades adotada na obra e a falta de materiais: iniciava-se o telhamento com a colocação de uma testeira e cobria-se o telhado até o ponto de fechá-lo com a outra testeira, deixando-se este arremate para o final. No entanto, foram abertas várias frentes de trabalho em unidades habitacionais distintas, ao invés de se concluir cada unidade. Houve uma ocasião em que ocorreu falta de madeira para as testeiras, acarretando grande intervalo entre a atividade principal e os arremates;
- em algumas unidades não se utilizou a montagem prévia de caixas para tomadas nos blocos de concreto. Neste caso houve a necessidade de se abrir rasgos nos blocos assentados, para embutimento de caixas elétricas, para finalizar a atividade, conforme ilustra a Figura 4.9.



Figura 4.9- Colocação de caixas para instalação elétrica após a execução da vedação

### 4) Retrabalhos

Observou-se a execução de retrabalhos na seguinte situação:

- as tubulações de esgoto sofreram algumas avarias durante o processo, exigindo a realização de retrabalhos para colocá-las em perfeitas condições. Isto ocorreu devido a um problema de construtibilidade na sequência adotada: ao se realizar no princípio do processo os ramais de esgoto (logo após a locação), estes ficaram expostos à

possibilidade de avarias pelo trânsito de materiais e equipamentos das atividades posteriores.

#### **4.3.4 Ordem de execução das atividades (Travablocos)**

Do início até a atividade [07] *Oitões* há um único caminho a ser seguido, com a seguinte ordem:

- [01] Limpeza do terreno;
- [02] Locação da obra;
- [14] Ramais de esgoto;
- [03] Fundação *radier*;
- [04] Vedações I (1a. fiada);
- [05] Vedações II (2a. a 5a. fiadas);
- [06] Vedações III (complemento);
- [07] *Oitões*.

Após esta etapa em algumas unidades se executava o rejunte/arremate de paredes (atividade [19]), em outras se realizava a cobertura (atividades [08], [09] e [10]). Estes dois caminhos diferentes observados em unidades habitacionais em construção, demonstram que no sistema Travablocos também não ocorria um único caminho crítico em todas as casas em execução.

### **4.4 Sistema construtivo com peças de concreto pré-moldadas (PPM)**

#### **4.4.1 Etapas para execução da unidade (PPM)**

As diversas etapas que compõem o processo produtivo do sistema construtivo com placas de concreto pré-moldadas estão apresentadas a seguir.

##### **01) Limpeza do terreno e locação da obra**

A limpeza do terreno e a locação da obra são executados de forma semelhante à construção tradicional. A vedação é precedida pela locação e não pela fundação/sapata como na construção tradicional. A locação e a vedação foram realizadas pela mesma equipe continuamente, sendo assim consideradas como apenas uma atividade.

##### **02) Fundação**

A função de fundação/infra-estrutura é desempenhada de duas formas: pilaretes pré-moldados em concreto armado (enterrados no solo) e viga inferior em concreto, moldada no local. As atividades referentes ao posicionamento de pilaretes pré-moldados serão descritas na fase de vedação, já que pertencem a esta etapa.

Quanto à viga inferior em concreto, esta etapa é executada após a realização da vedação, com os pilaretes e placas já posicionados. O serviço é realizado de forma similar à viga/sapata da construção tradicional, com algumas modificações. A primeira delas é a maior facilidade na locação ou posicionamento das formas, pois, com os pilaretes já executados, estes se tornam referência para o serviço. Outra simplificação é a não utilização de armadura, ou seja, a viga é simplesmente de concreto e não concreto armado. No entanto, há uma maior dificuldade no lançamento do concreto, devido ao menor espaço na parte superior da forma (interferência com placas de vedação e pilaretes).

Como as habilidades necessárias foram simplificadas, o serviço pode ser realizado na sua totalidade apenas por um profissional (normalmente um pedreiro), com ajuda de servente. As diversas tarefas que compõem a atividade são: limpeza e regularização do terreno, posicionamento de formas, lançamento de lastro de brita, lançamento de concreto. As ferramentas e os controles são similares aos citados na execução da viga/sapata da construção tradicional.

#### \* FLUXOGRAMA DO PROCESSO: FP-P- 1

#### 03) Estrutura

A função de estrutura de sustentação é cumprida pela vedação, serviço descrito a seguir.

#### 04) Vedação

A etapa de vedação cumpre, além desta função, também parte das fases de fundação e estrutura. Esta parte se constitui na base do sistema, através da utilização de peças de concreto armado pré-moldadas em fábricas fora do canteiro de obras.

O serviço foi realizado em duas atividades:

- 1) colocação de pilaretes e placas em todo contorno, até a altura de duas placas;
- 2) colocação de placas restantes até a altura do pé-direito, incluindo as janelas, completando a vedação.

Como salientado anteriormente, a primeira atividade é realizada juntamente com a locação da casa, pela mesma equipe. Depois de posicionados os cavaletes, marcam-se os locais dos pilaretes e estica-se uma linha de *nylon* (paralela a posição das paredes), constituindo-se em referência de alinhamento e nível. Realiza-se a vedação da seguinte forma: escavação, posicionamento e reaterro (apiloamento da terra escavada) para fixação dos pilaretes no local demarcado. Após a colocação de dois pilaretes, posiciona-se duas placas nos encaixes apropriados, existentes nos pilaretes. O serviço prossegue com a fixação de outro pilarete e posicionamento das placas, sucessivamente, até que se complete a atividade.

A segunda atividade complementa o serviço, consistindo no posicionamento das demais placas até a altura do pé-direito. Nesta etapa são colocadas as janelas.

Assim como no sistema Travablocos, uma das exigências na execução da vedação é a pequena declividade no terreno, pois os pilaretes tem dimensão fixa, não absorvendo grandes diferenças de nível. Caso isto não se verifique, há necessidade de uma etapa anterior, de nivelamento. Na obra observou-se três casos, onde foram necessários a realização destes serviços, em função da declividade do terreno não ser compatível com as tolerâncias do sistema.

A vedação não gera serviços prévios, no canteiro, de transformação ou produção de materiais: os componentes são provenientes de fábricas fora do canteiro. Após a chegada das peças na obra os pilaretes e as placas são separados, segundo a necessidade em uma unidade habitacional e transportadas até o local de construção. Cada casa tem um número definido de componentes: pilaretes, placas de tamanho normal para vedação geral e placas de tamanho especial para posições acima de esquadrias. Ao se iniciar a atividade as peças se encontram próximas a área de execução do serviço, exigindo pequenas distâncias na movimentação.

A mão-de-obra na execução da atividade era composta por profissionais treinados pelas empresas, normalmente atuando em equipes de dois ou três, com qualificações semelhantes às de pedreiro. Incorpora-se também outras habilidades, como de carpintaria na colocação de janelas, porém com menor complexidade que na construção tradicional. Os controles necessários são referentes a nível, prumo e alinhamento das paredes resultantes. Os erros nas dimensões são difíceis de ocorrer, pelo próprio sistema adotado - caso as peças estejam fora de tamanho, o encaixe não é possível.

Os equipamentos utilizados são basicamente ferramentas manuais (cavadeira, martelo de borracha, metro, prumo, esquadro, etc.).

Os oitões não são realizados nesta fase, mas sim junto à fase de estrutura da cobertura, apresentada no próximo item.

**\*FLUXOGRAMA DO PROCESSO: FP-P- 2,3**

#### 05) Cobertura

A cobertura é realizada de forma semelhante à construção tradicional, apenas com alguns detalhes distintos.

Logo após a etapa de vedação este serviço pode ser feito, iniciando-se com a execução de travamento superior com uma peça de madeira em todo o contorno, para servir de respaldo às tesouras da estrutura de cobertura. Após esta tarefa, inicia-se a colocação das tesouras, sendo que a primeira e a última tesoura apresentam revestimento em lambris de madeira, fazendo a função de oitão. Assim como as tesouras comuns, estas peças são pré-montadas, e simplesmente posicionados no local definido em projeto. Os demais serviços são realizados como na construção tradicional.

#### 06) Instalações elétricas

A execução das instalações elétricas apresentam algumas diferenças, em relação ao convencional, e mesmo entre as duas empresas que executaram a obra pelo sistema em peças de concreto pré-moldadas.

Na primeira empresa a instalação é feita aparente, com a utilização de tubulação, caixas e quadros fixados às paredes por meio de abraçadeiras ou parafusos. Na segunda empresa os eletrodutos e caixas foram incorporados aos pilaretes pré-moldados.

As demais etapas eram realizadas sem diferenças sensíveis da forma convencional, valendo as observações quanto a profissionais, ferramentas e demais observações feitas na construção tradicional.

\* FLUXOGRAMA DO PROCESSO: FP-P- 4

#### 07) Instalações hidráulicas

Os ramais de água são aparentes neste sistema, fixados nas paredes por meio de abraçadeiras e parafusos. As demais atividades são semelhantes às executadas convencionalmente, valendo as observações feitas no processo tradicional.

\* FLUXOGRAMA DO PROCESSO: FP-P- 5

#### 08) Esquadrias completas (janelas, portas, vidros e ferragens)

Esta fase foi consideravelmente afetada pelo sistema. As janelas (marcos, janelas e vidros) são colocadas durante a fase de vedação, para suportar as peças de concreto armado acima delas, ou seja, são necessárias neste serviço. Nesta etapa só não se instalam as suas ferragens.

As portas são fixadas aos pilaretes de concreto por meio de parafusos. Este serviço é feito com elas pré-montadas (forras e ferragens instaladas), faltando apenas a colocação das guarnições. Com isso, o serviço de colocação de ferragens das esquadrias fica restrito às peças das janelas.

Os serviços de pré-montagem das portas, colocação nas posições de uso e instalação de ferragens das janelas necessitam profissionais com habilidade de marcenaria, com as mesmas ferramentas e controles citados no processo tradicional.

\* FLUXOGRAMA DO PROCESSO: FP-P- 6

#### 09) Revestimento de paredes e forro

As etapas de revestimento de paredes é praticamente dispensada no sistema. Para regularização da superfície é realizado apenas um rejunte das frestas entre as placas e entre estas e os pilaretes. Há ainda alguma regularização de falhas, trincas ou pequenos buracos que ocorrem, certas vezes, na superfície das placas ou pilaretes. Nos banheiros e acima da pia da cozinha é feito um revestimento alisado, para posterior acabamento com pintura lavável.

Estes serviços não apresentam a complexidade de execução do revestimento realizado na construção tradicional. As ferramentas são as usuais de pedreiro (colher de pedreiro, desempenadeira, etc.).

Quanto ao forro do banheiro e beiral de contorno do telhado, estes são realizados sem diferenças do modo tradicional.

#### 10) Louças e metais

Este serviço é realizado sem grandes alterações em relação à forma convencional.

#### 11) Pavimentação (interna e externa)

Os serviços incluídos aqui foram realizados de forma semelhante à construção tradicional.

#### 12) Pinturas e limpeza final

Os serviços incluídos aqui foram realizados de forma semelhante à construção tradicional, apenas com a diferença da pintura de esquadrias e forros ser ampliada, executada também nos oitões, já que estes esses elementos são de madeira.

### 4.4.2 Macro-fluxo do processo de execução da unidade (PPM)

No sistema construtivo de peças de concreto pré-moldadas os serviços e atividades estão apresentados no Quadro 4.5. São apresentados na sequência a dependência entre atividades (Quadro 4.6) e o macro-fluxo do processo de execução das unidades habitacionais neste sistemas (Figura 4.10).

Quadro 4.5 - Serviços e atividades no sistema de peças pré-moldadas

Serviço	Atividades no sistema de peças pré-moldadas
01) Limpeza do terreno e locação da obra	01) Limpeza do terreno
02) Fundação	02) Viga inferior
03) Estrutura	
04) Vedação	03) Vedação I 04) Vedação II
05) Cobertura	05) Estrutura de madeira I 06) Estrutura de madeira II 07) Telhamento
06) Instalações elétricas	08) Tubulações/caixas elet. 09) Fiação elétrica 10) Inter., tom. e disjuntores
07) Instalações hidráulicas	11) Ramais de água fria 12) Caixa d'água 13) Ramais esgoto 14) Caixas de passagem
08) Esquadrias	15) Portas 16) Ferragens
09) Revestimentos	17) Rejunte/arremates 18) Forro WC 19) Beiral telhado
10) Louças e metais	20) Louças e metais
11) Pavimentação	21) Contrapiso 22) Cimentado interno 23) Calçada externa
12) Pinturas e limpeza final	24) Pintura em madeira 25) Limpeza final

Quadro 4.6 - Interdependência entre atividades no sistema de peças pré-moldadas

Atividades	Dependência
01) Limpeza do terreno	
02) Viga inferior	04
03) Vedação I	01
04) Vedação II	03
05) Estrutura de madeira I	04
06) Estrutura de madeira II	05
07) Telhamento	06
08) Tubulações/caixas elet.	04
09) Fiação elétrica	07, 08
10) Inter., tom. e disjuntores	10
11) Ramais de água fria	12
12) Caixa d'água	04
13) Ramais esgoto	04
14) Caixas de passagem	13
15) Portas	22
16) Ferragens	04
17) Rejunte/arremates	04
18) Forro WC	11
19) Beiral telhado	07
20) Louças e metais	11,22
21) Contrapiso	02, 13
22) Cimentado interno	21
23) Calçada externa	14
24) Pintura em madeira	18, 19, 24
25) Limpeza final	10, 16, 20, 24,23



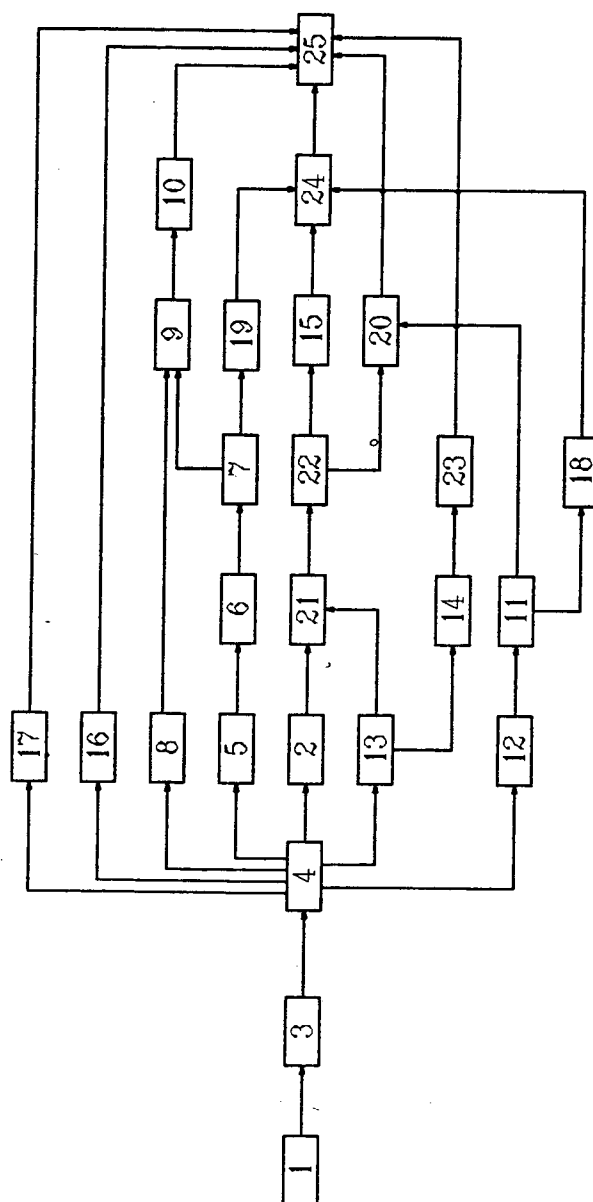


Fig. 4.10 - MACRO-FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO DO SISTEMA DE PEÇAS PRE-MOLDADAS

Como havia duas empresas realizando a obra com esta tecnologia, notou-se algumas diferenças, apresentadas a seguir:

- conforme já citado, uma das empresas utilizava pilaretes com tubulações elétricas e caixas de luz já embutidas, dispensando a execução de grande parte da atividade [08] *Tubulações e caixas elétricas*. Nesta forma de execução, restava ainda a passagem de tubulações elétricas externas e a colocação de caixa de medição de força;
- uma das empresas não colocava os vidros juntamente com as esquadrias, mas sim em uma atividade realizada após a execução da pintura. Adotou-se no macro-fluxo do processo a outra opção, ou seja, os vidros eram montados previamente nas esquadrias e colocados juntamente com a janelas na atividade [04] *Vedação II*;
- de forma semelhante à construção tradicional, havia duas opções na realização dos ramais de esgoto: uma das empresas escavava abaixo da viga de fundação, outra deixava espaço com necessidade de posterior visita para arremate da viga (após a conclusão dos ramais de esgoto). A Figura 4.11 ilustra o primeiro caso e a 4.12 o segundo;
- em algumas unidades, devido a problemas de declividade, foram necessárias escadas para acesso as portas, realizadas após a calçada externa.



Figura 4.11 - Escavação para passagem de tubulação de esgoto



Figura 4.12 - Passagem de tubulação de esgoto ao nível da viga, com necessidade de arremate

#### 4.4.3 Distorções em relação ao macro-fluxo estabelecido para o processo (PPM)

##### 1) Sobreposição entre atividades

Não se observou nenhuma sobreposição entre atividades neste sistema.

##### 2) Divisão de uma atividade em duas ou mais

Ocorreram os seguintes casos de divisão de atividades no sistema de peças pré-moldadas:

- assim como na construção tradicional, o contrapiso foi realizado em algumas unidades na região da sala/quartos como uma atividade e no banheiro como outra, devido à falta de execução prévia dos ramais de esgoto. Desta forma a atividade contrapiso ficava assim: [21a] *Contrapiso do banheiro* e [21b] *Contrapiso do restante da unidade*;
- o rejunte das paredes (atividade [17]) foi executado com várias interrupções em algumas unidades, podendo ser consideradas como várias atividades, já que a tarefa era realizada sem continuidade.

### 3) Finalizações ou arremates

Quanto às finalizações houve somente o caso já citado do procedimento de uma das empresas em relação à viga inferior de fundação: havia necessidade de arremates, pois era deixado espaço para passagem das tubulações de esgoto.

### 4) Retrabalhos

Observou-se a seguinte situação neste sistema:

- o caso adotado no macro-fluxo do processo para a colocação dos vidros (junto com às esquadrias na atividade [04]) acarretava a quebra de muitos deles, devido a choques de ferramentas ou materiais durante a execução das atividades sucessoras, exigindo retrabalhos de sua colocação.

#### 4.4.4 Ordem de execução das atividades (PPM)

Quanto à ordem de execução, respeitava-se fielmente até a execução do piso interno, nesta sequência de atividades:

- [01] Limpeza do terreno;
- [03] Vedação I;
- [04] Vedação II;
- [05] Est. madeira-I;
- [06] Est. madeira II;
- [02] Viga inferior;
- [13] Ramais de esgoto;
- [21] Contrapiso;
- [22] Cimentado interno.

A partir deste serviço não se pode estabelecer um sequenciamento único, havendo diversas ordens de ataque casa após casa no canteiro.

## CAPÍTULO 5

### DISCUSSÃO SOBRE AS TECNOLOGIAS ADOTADAS E SEUS REFLEXOS SOBRE O PROCESSO PRODUTIVO

#### 5.1 Etapas para execução da unidade habitacional

A modificação das etapas para execução da unidade habitacional é uma das principais características dos sistemas construtivos, quando comparados à construção tradicional.

Como visto no Quadro 5.1, que resume as informações do capítulo anterior, a construção tradicional é marcada pelo grande número de atividades. Neste processo, para cada item ou função requerida pelo projeto é necessário a execução de um serviço ou elemento construtivo: a vedação é desempenhada pela alvenaria de tijolos cerâmicos, a estrutura pelos pilares e cintas em concreto armado, o revestimento é dado pelo chapisco e reboco de paredes, etc..

Uma das formas de redução de atividades, utilizadas na concepção dos sistemas construtivos é a incorporação de funções em um mesmo serviço ou elemento construtivo. Observa-se, no projeto *CAMINHO NOVO*, as seguintes situações:

- a incorporação das funções de vedação, estrutura e parte das fundações em apenas um serviço (sistema de peças pré-moldadas);
- a incorporação das funções de vedação e estrutura em apenas um serviço (Travablocos);
- a utilização de componentes com superfícies apropriadas para pintura, minimizando serviços de revestimento (Travablocos e sistema peças pré-moldadas);
- a função de contrapiso desempenhada pela fundação em *radier* (Travablocos).

Há ainda a redução de subdivisões do projeto, ou seja, número de atividades que contribuem para realização de um serviço. Isto ocorreu pela eliminação ou combinação de atividades. Verificaram-se os seguintes exemplos desta situação na obra:

- eliminação dos rasgos em paredes para instalações elétricas ou hidráulicas (Travablocos e sistema peças pré-moldadas);
- realização de atividades de instalações elétricas, instalações hidráulicas e colocação de forras e marcos juntamente com a etapa de vedação (Travablocos);
- realização da atividade locação da obra juntamente com a etapa de vedação (sistema de peças pré-moldadas);
- colocação de janelas durante a etapa de vedação (sistema de peças pré-moldadas);
- oitões de madeira incorporados as tesouras, executados durante a fase de estrutura do telhado (sistema de peças pré-moldadas).

Quadro 5.1 - Serviços e atividades em cada tecnologia

Serviço	Atividades na constr. tradicional	Atividades no sist. Travablocos	Atividades no sist. peças pré-moldadas
01) Limp. do terreno e locação da obra	01) Limp. do terreno 02) Locação da obra	01) Limp. do terreno 02) Locação da obra	01) Limp. do terreno
02) Fundação	03) Sapata corrida	03) Fund. <i>radier</i>	02) Viga inferior
03) Estrutura	04) Pilares I 05) Pilares II 06) Pilares oitões 07) Cintas superiores		
04) Vedação	08) Alvenaria I 09) Alvenaria II 10) Alv. oitões	04) Vedação I 05) Vedação II 06) Vedação III 07) Oitões	03) Vedação I 04) Vedação II
05) Cobertura	11) Est. madeira I 12) Est. madeira II 13) Telhamento	08) Est. madeira I 09) Est. madeira II 10) Telhamento	05) Est. madeira I 06) Est. madeira II 07) Telhamento
06) Inst. elétricas	14) Rasgo de par. 15) Tub./caixas 16) Fiação elétrica 17) Int., tom. e disj.	11) Fiação elétrica 12) Int., tom. e disj.	08) Tub./caixas 09) Fiação elétrica 10) Int. tom. e disj.
07) Inst. hidráulicas	18) Rasgo de par. 19) Ramais A.F. 20) Caixa d'água 21) Ramais esgoto 22) Cx. passagem	13) Caixa d'água 14) Ramais esgoto 15) Cx. passagem	11) Ramais A.F. 12) Caixa d'água 13) Ramais esgoto 14) Cx. passagem
08) Esquadrias	23) Forras e marcos 24) Portas e janelas 25) Ferragens 26) Vidros	16) Portas e janelas 17) Ferragens 18) Vidros	15) Portas 16) Ferragens
09) Revestimentos	27) Chapisco int. 28) Chapisco ext. 29) Reboco int. 30) Reboco ext. 31) Forro WC 32) Beiral telhado	19) Rejunte/arrem. 20) Revest. alisado 21) Forro WC 22) Beiral telhado	17) Rejunte/arrem. 18) Forro WC 19) Beiral telhado
10) Louças e metais	33) Louças e metais	23) Louças e metais	20) Louças e metais
11) Pavimentação	34) Contrapiso 35) Cimentado int. 36) Calçada externa	24) Cimentado int. 25) Calçada externa	21) Contrapiso 22) Cimentado int. 23) Calçada externa
12) Pinturas e limpeza final	37) Pint. em madeira 38) Limp. final	26) Pint. em madeira 27) Limp. final	24) Pint. em madeira 25) Limp. final

Além da redução de operações e atividades do projeto, outra modificação presente nos sistemas construtivos é a simplificação de tarefas. Através da utilização de peças especiais, próprias aos sistemas, obtém-se uma série de melhorias na execução da obra. Neste sentido, o primeiro ponto é a utilização do conceito de coordenação dimensional de componentes, normalmente não empregada na construção tradicional. Os sistemas construtivos utilizam peças especiais, evitando cortes e outros trabalhos de ajuste no canteiro (que em última instância representam perda de tempo, material e mão-de-obra), já que os tamanhos dos

componentes são relacionados com as dimensões requeridas pelo projeto e levam em conta os métodos de construção.

As modificações presentes na execução dos oitões exemplificam esta situação, como apresentado a seguir:

- a) Na construção tradicional estes são feitos em tijolos cerâmicos assentados com argamassa. Inicialmente assentam-se os tijolos inteiros, formando uma peça tipo escada (Figura 5.1). Como não há elementos especiais, com a inclinação do telhado, os tijolos são quebrados para assentamento que proporcionará os acertos da inclinação (Figura 5.2). Finalizando a atividade, ainda é necessário um arremate com argamassa (Figura 5.3).

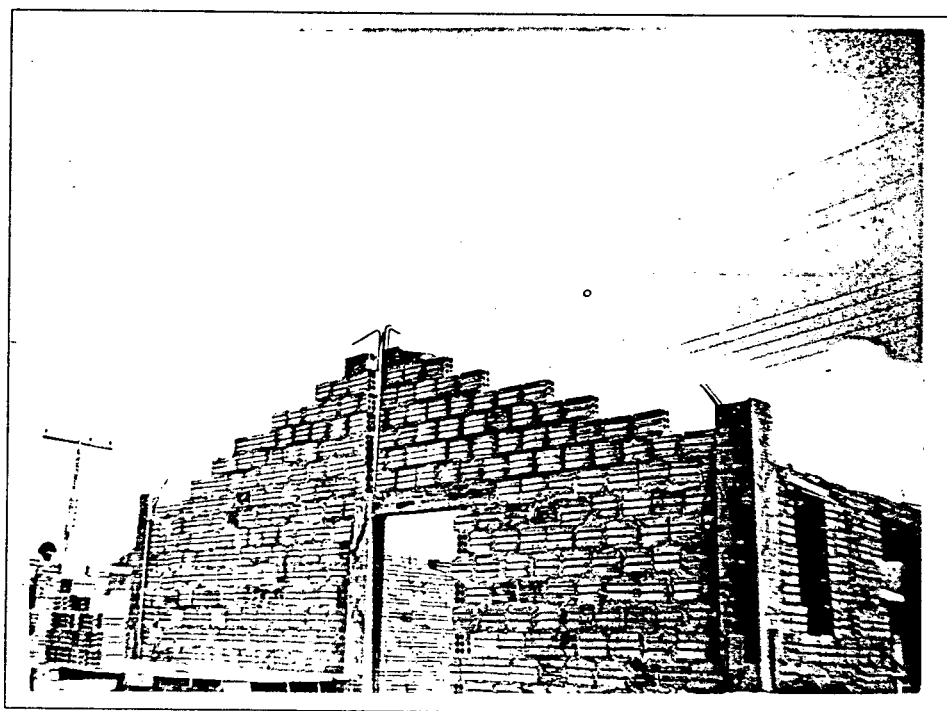


Figura 5.1 - Tijolos inteiros assentados para formação do oitão

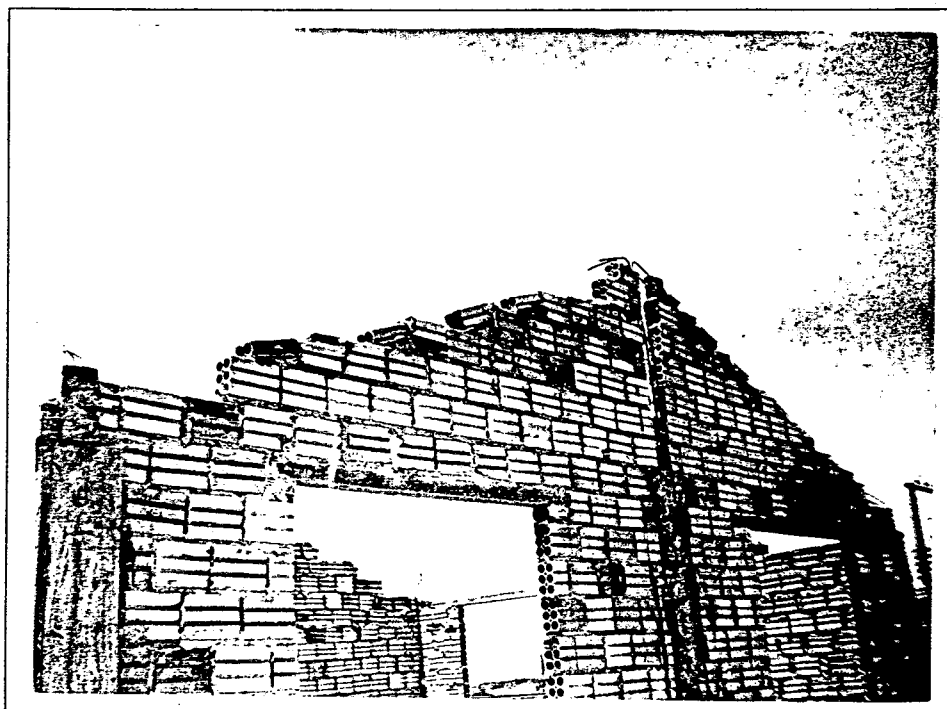


Figura 5.2 - Tijolos quebrados assentados para dar a inclinação do oitão

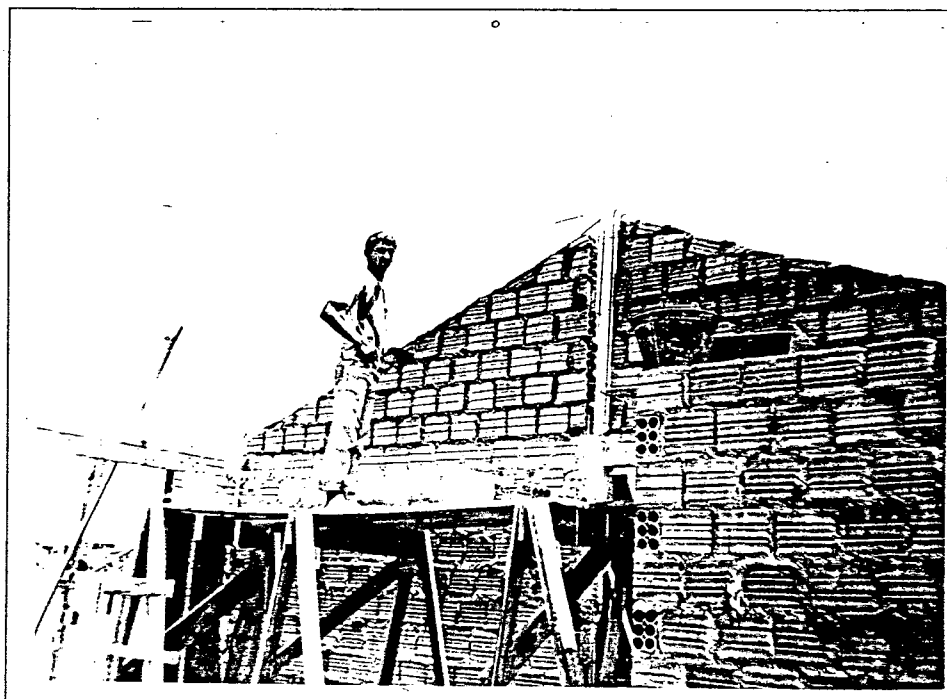


Figura 5.3 - Arremate dos oitão com argamassa

- b) No sistema Travablocos os blocos são assentados por encaixe, sem utilização de argamassa, havendo elementos especiais com a inclinação do telhado, dispensando arremates (Figuras 5.4. e 5.5).



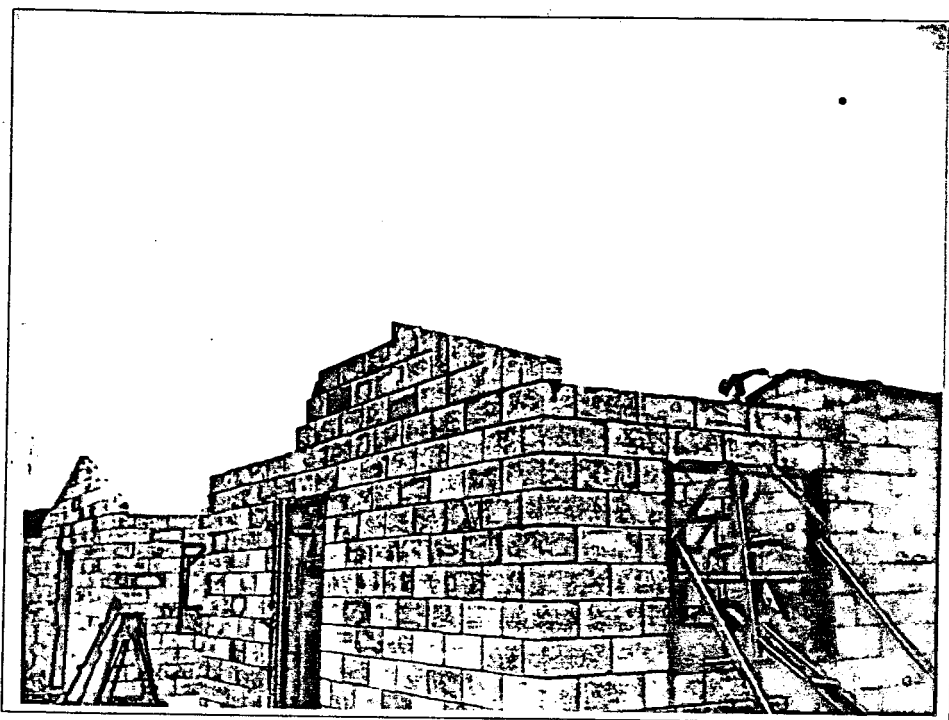


Figura 5.4 - Blocos especiais assentados para formação do oitão

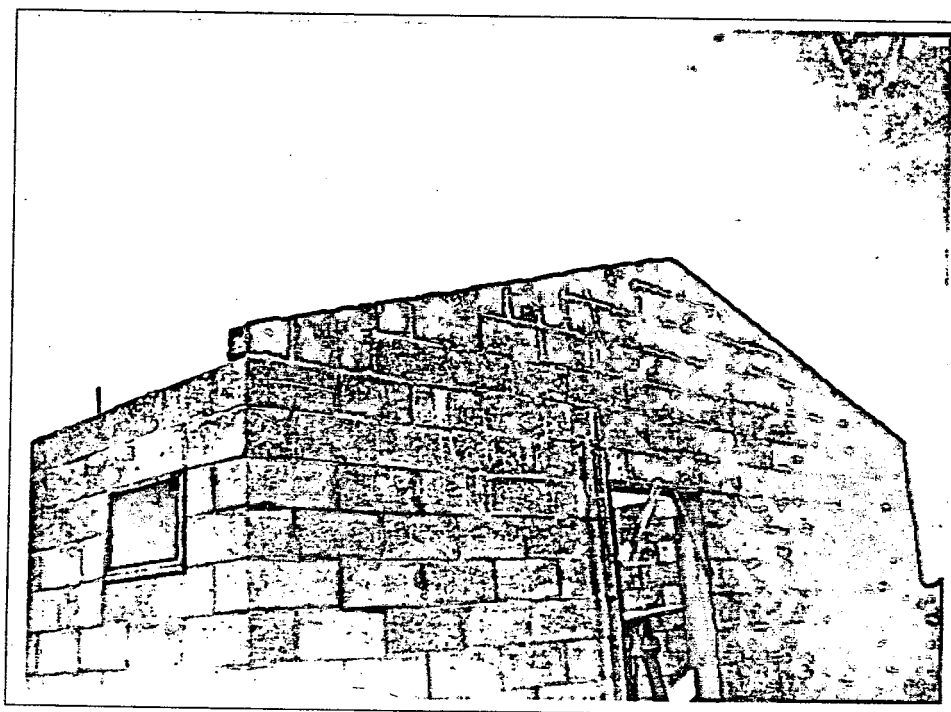


Figura 5.5 - Oitão acabado no sistema Travablocos

- c) No sistema de peças de concreto pré-moldadas os oitões são pré-montados nas tesouras de sustentação do telhado, como já mencionado. As tarefas da sua execução, na unidade habitacional, consistem apenas de posicionamento e fixação no local definitivo. (Figuras 5.6 e 5.7)

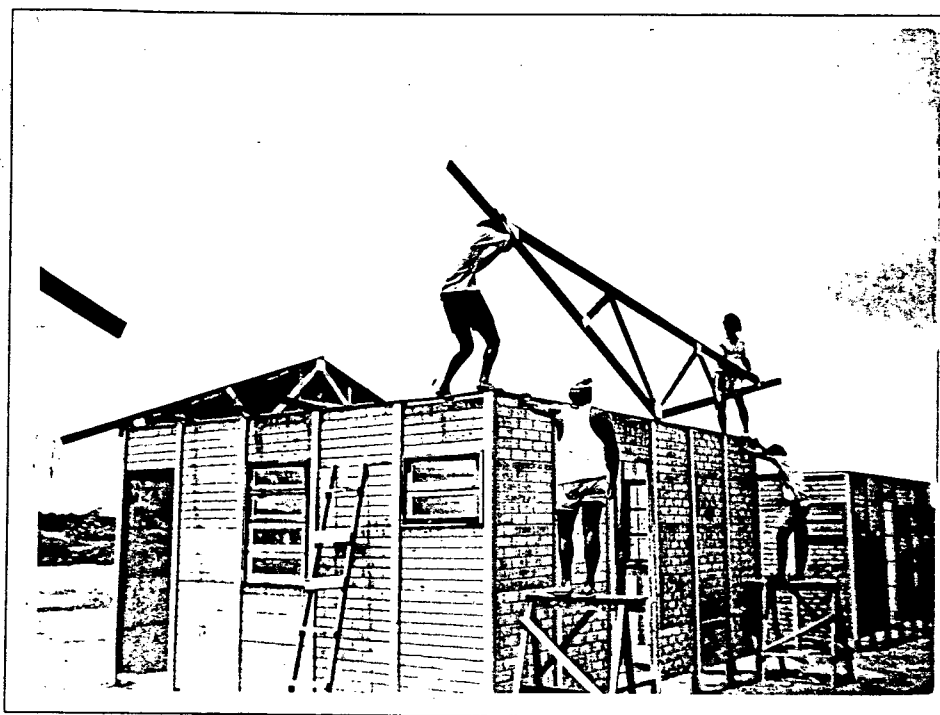


Figura 5.6 - Colocação de tesouras e oitões

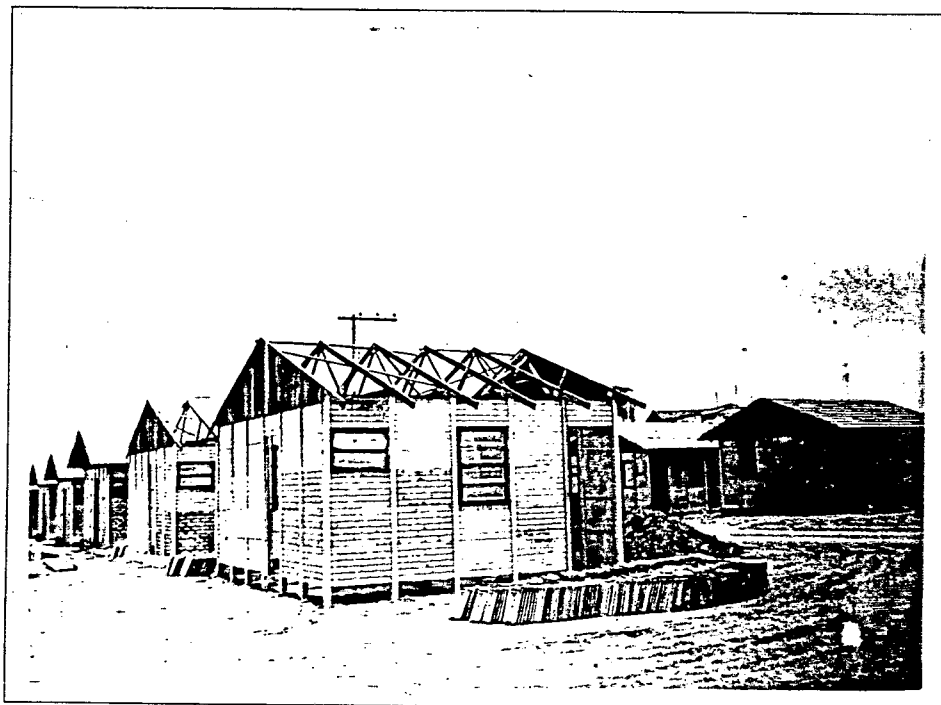


Figura 5.7 - Oitões acabados no sistema de peças pré-moldadas

Além da coordenação dimensional, os sistemas construtivos utilizados no projeto *CAMINHO NOVO* apresentaram métodos construtivos que simplificaram a execução dos trabalhos em várias operações da obra. No sistema Travablocos pode-se citar: levantamento das paredes, através de encaixe de blocos, sem utilização de argamassa de assentamento;

emprego de blocos canaleta para execução de cintas de concreto, dispensando as formas de madeira; posicionamento de forras e marcos através de encaixes. No sistema com peças de concreto pré-moldadas ocorreram os seguintes casos: etapa de vedação executada com fixação de pilaretes e encaixe de placas; posicionamento de forma para viga inferior utilizando a vedação como referência; posicionamento de esquadrias através de encaixe.

Apesar da simplificação das operações separadamente, algumas atividades apresentaram razoável complexidade, como descrito a seguir:

- no sistema Travablocos, a atividade [05] *Vedações III*, além das operações de vedação, envolvia: colocação de marcos e forras; colocação de *kits* de instalações hidráulicas; colocação de tubulações e caixas de instalações elétricas; execução de cintas em concreto. Esta atividade envolvia uma série de materiais e tarefas de preparação (concreto, *kits* hidráulicos, preparação de forras e marcos para assentamento), bem como diversas ferramentas para realizar os trabalhos.
- no sistema de peças pré-moldadas as atividades [03] *Vedação I* e [04] *Vedação II* envolviam além da vedação propriamente dita, outras tarefas. Juntamente com a primeira executava-se a locação da obra, o que exigia o emprego de materiais e ferramentas para auxiliar esta operação (madeira para cavaletes, linha de *nylon*, mangueira de nível, etc.). Com a segunda eram colocadas as janelas.

Retorna-se a este assunto na seção que discute as questões relativas a mão-de-obra.

As observações realizadas na obra permitiram verificar modificações realizadas de forma semelhante às estabelecidas por Barnes [1977], citadas no capítulo 2, tais como:

- eliminar o trabalho desnecessário;
- combinar operações ou elementos;
- simplificar as operações essenciais.

Outra maneira para melhoria do processo definida por Barnes, modificar a sequência das operações, é discutida no item sobre construtibilidade (seção 5.5).

## 5.2 Interdependência entre atividades e sequência executiva

Pode-se observar no estudo de caso algumas questões levantadas no capítulo 2 acerca da execução das residências. Com relação às precedências Birrel [1980] apontava para duas formas: absoluta e preferencial. Através do estudo de caso observou-se esta situação: algumas atividades sempre eram respeitadas, outras às vezes. No primeiro caso estavam as absolutas: no sistema tradicional a alvenaria só iniciava após a conclusão das fundações, no sistema Travablocos a vedação só pode ser feita após o término da fundação em *radier*, no sistema de peças pré-moldadas a segunda parte da vedação só é realizada quando termina a primeira.

No segundo caso estavam as preferenciais, com uma série de questões a se destacar. Apesar de muitas precedências não precisarem necessariamente serem obedecidas, a falta de

sua observação pode afetar o emprego dos recursos construtivos. Com base nos casos observados na obra, detectou-se quatro pontos mencionados a seguir:

1) A falta de observação de uma precedência pode dificultar a realização da atividade dependente, com provável aumento no consumo de mão-de-obra. Os casos na obra foram os seguintes:

- a sobreposição entre a limpeza do terreno e a locação da residência, ocorrida na construção tradicional, dificulta a movimentação na execução desta última atividade.
- em algumas residências no sistema de peças pré-moldadas o telhamento era executado antes da colocação da caixa d'água. Esta precedência restringe o espaço de trabalho na colocação da caixa d'água, dificultando a execução da tarefa.

2) A falta de observação de uma precedência pode dividir uma atividade em duas ou mais, aumentando o número de visitas a unidade e muito provavelmente o consumo de mão-de-obra, desde que seja válida a hipótese de que a realização dos serviços com um mínimo de visitas é a forma mais recomendável para reduzir os tempos de execução, conforme estabelecido no capítulo 2. Um exemplo deste caso foi a seguinte situação na obra:

- a realização do contrapiso em duas atividades (na construção tradicional e no sistema de peças pré-moldadas) devido a falta da atividade precedente ramais de esgoto. Para realizar o contrapiso eram necessárias no mínimo duas visitas em algumas residências, ao invés de uma. Com isso era necessário preparar os materiais e deslocar os equipamentos e operários para o local de trabalho duas vezes, quando isto poderia ser feito em apenas uma única visita.

3) A falta de observação de uma precedência pode acarretar a necessidade de arremates ou finalizações, aumentando o número de visitas à unidade. Valem também as observações feitas anteriormente, acerca do maior consumo de mão-de-obra devido ao maior número de visitas. Os exemplos na obra foram:

- a falta de colocação de forras e marcos antes da realização do revestimento externo acarretava um serviço de finalização junto àquelas peças (fato ocorrido na construção tradicional);
- a não colocação dos ramais de esgoto anteriormente à viga de fundação acarretava arremates nesta. Este fato ocorreu no sistema de peças pré-moldadas.

4) A falta de observação de uma precedência pode acarretar retrabalho, ou seja, desperdício de material e mão-de-obra. Isto ocorreu na realização do revestimento externo, sem a execução anterior de tubulações elétricas, conforme exemplo apresentado no capítulo anterior para a construção tradicional.

As situações de retrabalhos, arremates e realização de atividades de forma descontínua (divisão em diversas atividades) ocorreram também em outras situações, além das mencionadas acima, devidas à falta de observação de precedências, tais como:

- retrabalho para colocação de vidros quebrados durante o processo (sistema peças pré-moldadas);
- retrabalho nos ramais de esgoto avariados (Travablocos);
- finalização (arremate) do telhamento por falta de material (Travablocos);
- arremates para colocação de caixas elétricas nos blocos de concreto (Travablocos);
- divisão dos rejantes de acabamento em várias atividades (Travablocos e sistema de peças pré-moldadas);
- realização de chapiscos, rebocos, alvenarias com várias visitas a unidade (construção tradicional).

Quanto à ordem de execução, em nenhum dos casos foi obedecida uma sequência única, o que impossibilita a definição de um único caminho crítico de mínima duração da unidade.

### 5.3 Canteiro de obras

As alterações no canteiro de obras, observadas no projeto *CAMINHO NOVO*, entre a tecnologia tradicional e os demais sistemas construtivos, são significativas.

Na construção tradicional exige-se um maior número de atividades de preparação de materiais no canteiro de obras, tais como: preparação de argamassas e concretos, preparação de armaduras, preparação de formas. Isto se reflete de várias formas no canteiro.

Em primeiro lugar estas preparações exigem postos de trabalhos, instalados provisoriamente no canteiro. Outra questão é a necessidade de estoques de insumos para a preparação dos materiais como: areia, cal, cimento, brita, madeira, aço. Parte destes materiais são armazenados a céu-aberto, enquanto outros necessitam armazenagem em depósitos abrigados, com a construção de barracões. A preparação ou mistura de materiais também ocorre muitas vezes em condições inadequadas (contato com solo, falta de proteções laterais), conforme ilustra a Figura 5.8.

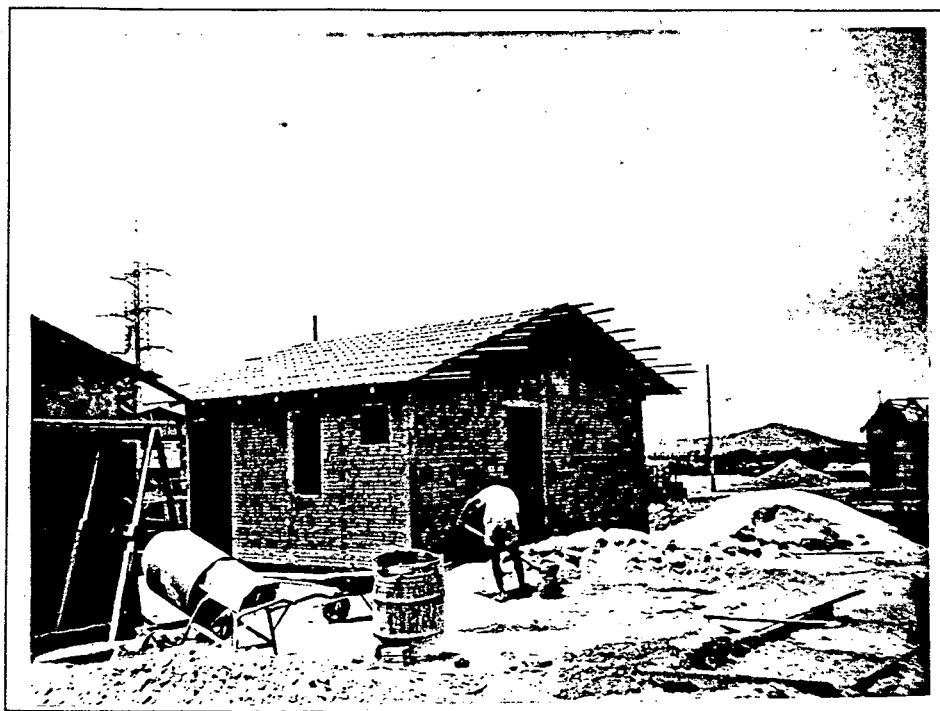


Figura 5.8 - Manuseio de areias e argamassas no canteiro

Os sistemas construtivos, através da utilização de componentes próprios, eliminaram ou reduziram uma série de etapas e com elas materiais preparados no canteiro, tais como: formas e armadura para estrutura, argamassa de assentamento, argamassas para revestimento. Nestes processos, preservaram-se algumas etapas que necessitavam a produção de argamassas, concretos, formas e armaduras. No entanto, o volume era muito inferior ao da construção tradicional.

Com isso, nos sistemas construtivos as bancadas e equipamentos instalados no canteiro foram de menor porte. Os estoques de insumos para a produção de materiais também foram reduzidos, bem como as instalações para armazenamento, inclusive com a utilização das unidades habitacionais já concluídas como depósito. Isto foi possível nos sistemas devido a rápida execução do invólucro das unidades (fundação, vedação e cobertura), o que não ocorria na construção tradicional.

Outro ponto observado foi a maior incidência de transportes internos na tecnologia tradicional. Alguns fatores contribuíam para este fato. Primeiramente o maior número de atividades, e a necessidade de transporte dos materiais preparados nos postos de trabalho do canteiro até as unidades em execução. Os postos de trabalho geralmente eram instalados em pontos fixos, próximos aos depósitos, às vezes em distâncias consideráveis dos locais de consumo.

Além da diminuição de atividades e redução de preparação de materiais no canteiro, nos sistemas contava-se com outras vantagens. A primeira era descarregar os componentes próximos as unidades a serem executadas, minimizando as distâncias de transporte. A segunda

o deslocamento dos postos de trabalho para perto das unidades, quando da necessidade dos materiais. Isto era possível pela pequena dimensão dos equipamentos para preparação de materiais, tais como betoneiras, pois não se exigia a produção de grandes volumes. Há ainda a menor geração de entulhos e sobras neste processos, e assim a diminuição de retiradas destes.

A limpeza do canteiro era outra diferença. Na construção tradicional há uma série de questões contribuindo para tornar o canteiro menos transitável. Em primeiro lugar alguns métodos empregados na execução da unidade geram entulhos ou sobras. Isto ocorre na fase de alvenaria pela quebra de tijolos e no rasgo de paredes para embutimento de instalações elétricas e hidráulicas. Há perdas também em insumos, como por exemplo a areia mal armazenada ou em seu transporte e manuseio para produção de concretos e argamassas. As argamassas e concretos produzidos nos postos de trabalho se perdem no transporte, manuseio ou por sobras na execução. As formas de madeiras geram entulhos e sobras quando de sua preparação e uso. A Figura 5.9, por exemplo, apresenta uma residência com restos de madeira e areia em seu contorno, dificultando o acesso ao seu redor. Todos os itens mencionados acima contribuem para o surgimento de sujeiras, acarretando dificuldades na circulação do canteiro.

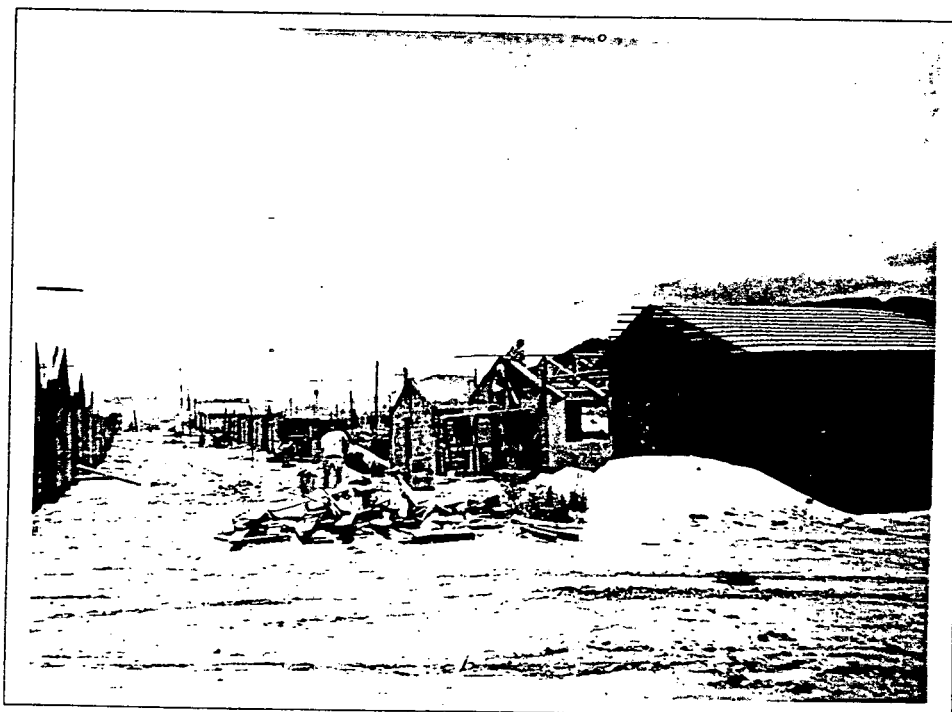


Figura 5.9 - Sobras de madeira ao lado de residência em execução

A maioria dos pontos citados anteriormente apresentam melhores condições nos sistemas construtivos. A utilização de componentes especiais dispensa cortes ou quebras de peças. Eliminaram-se etapas que exigiam quebras na vedação para embutir as instalações. Diminuíram-se os insumos na obra e a preparação de materiais, e com isso suas perdas. A

maior rigidez no seguimento de precedências dispensou vários serviços de arremates, retrabalhos e remoção de entulhos. Na sua maioria, os métodos utilizados não geravam sobras.

De uma forma geral, o canteiro de obras na parte destina à construção tradicional, apresenta as seguintes características, quando comparado a parte do canteiro nas outras tecnologias:

- maiores dimensões de postos de trabalho;
- maiores espaços ocupados por estoques de areia, cimento, brita, cal, madeira e aço;
- uso de barracões de madeira para depósito (nas outras tecnologias dispensava-se o uso de depósito, com o emprego das primeiras unidades para este fim);
- maior presença de sujeiras e entulhos, gerados pelo próprio processo produtivo.

Todos estes itens contribuem nas condições de circulação do canteiro, implicando em maiores dificuldades no transporte interno na tecnologia tradicional que nas outras tecnologias.

#### **5.4 Utilização de equipamentos e mão-de-obra**

##### **5.4.1 Ferramentas e equipamentos**

A utilização de equipamentos não apresentou grandes diferenças nas três tecnologias. Em ambos os sistemas, na fase de vedação, principal alteração em relação à construção tradicional, eram empregadas ferramentas usuais, tais como: colher de pedreiro, masseira, níveis, prumos e esquadros.

A principal alteração observada foi a redução nos equipamentos dos postos de trabalhos provisórios, instalados no canteiro. Nos sistemas construtivos as bancadas para carpinteiros e armadores eram reduzidas. Na construção tradicional os postos tinham maiores dimensões. As betoneiras, principalmente nas atividades de concretagem, eram instaladas em postos fixos e de porte médio (250 ou 320 litros de capacidade). Além destes postos, utilizava-se betoneiras menores, deslocáveis para proximidades das frentes de trabalho em atividades de revestimento. Nas outras tecnologias não se observava betoneiras localizadas em postos fixos e eram de menor capacidade (100 litros).

Além desta questão, verificou-se a necessidade de utilização mais acentuada de furadeira elétrica no sistema de peças pré-moldadas. Isto se deve à forma de fixação, por intermédio de parafusos, de uma série de elementos como tubulações elétricas e hidráulicas, caixas e quadros elétricos, portas e janelas.

Nos demais serviços, a utilização de ferramentas e equipamentos não apresentou diferenças significativas.

Portanto, nas observações realizadas no estudo de caso, mesmo nos sistemas construtivos a maioria das operações eram realizadas através das habilidades dos próprios trabalhadores, com o uso de ferramentas manuais simples, além de alguns equipamentos de apoio como betoneiras ou serras circulares. Os procedimentos de trabalho dependem



basicamente dos operários, pois não há exteriorização de métodos nas máquinas. Esta constatação coincide com o comentário de Ferro, [1982] sobre o uso de equipamentos em obras da construção habitacional:

*"Pás, enxadas, desempenadeiras, colheres, prumos, níveis, esquadros, réguas, fios, serrotes, martelos, alicates, goivas, plainas, pincéis, rolos, espátulas, etc. Instrumentos simples, isolados, adaptados às diversas operações, resultado de lento aperfeiçoamento e diferenciação para um uso preciso. Mais raramente, betoneiras, elevadores, guinchos, vibradores, serras-elétricas, etc. Sempre, entretanto, máquinas somente auxiliares nas tarefas pesadas; nenhuma operatriz que reúna os instrumentos particularizados"*

#### 5.4.2 Mão-de-obra

Pelas observações realizadas no projeto *CAMINHO NOVO* pode-se constatar a característica da construção tradicional de utilização da mão-de-obra com base na estrutura de ofícios, exigindo profissionais com habilidades específicas para execução dos serviços (carpinteiros, armadores, pedreiros, marceneiros). Ao lado dos oficiais habilitados quase sempre há profissionais semi-qualificados (ajudantes) e profissionais sem qualificação (serventes). Os ajudantes são utilizados em tarefas paralelas aos profissionais qualificados, em serviços que não requerem grande habilidade. Os serventes atuam em tarefas de transportes internos ou apoio aos oficiais (colocação de andaimes, produção de argamassa em betoneiras, etc...). Outro ponto observado foi o emprego de subempreiteiros nas fases de instalações elétricas e hidráulicas, especializados nestes serviços.

Observou-se também a presença de mestre-de-obra ou encarregado. Este profissional distribui os serviços para os operários, controla a execução dos serviços, é responsável por vários serviços administrativos do canteiro e realiza contatos com o engenheiro da obra, para discussão do planejamento e de problemas ocorridos.

Nos sistemas construtivos executou-se parte dos serviços de forma semelhante à construção tradicional. Entre eles pode-se citar: cobertura, louças/metals, pinturas, pavimentação e forros.

Houve, entretanto, uma série de mudanças, devido principalmente às fases de vedação e seus reflexos sobre o processo produtivo.

No sistema Travablocos o serviço de vedação foi simplificado, devido à sua concepção. No entanto a atividade envolvia uma série de outros trabalhos: colocação de forros, colocação de tubulações elétricas, posicionamento de ramais de água fria, concretagem de cintas superiores. Portanto, apesar da simplificação da operação vedação, a atividade apresentou uma ampliação de trabalhos. Este serviço era realizado por uma equipe, composta de 4 a 5 trabalhadores, com participação de todos nas diversas tarefas existentes. Além desta fase, o

grupo também executou a fundação em *radier*, o revestimento/rejunte e a cobertura. Apesar de haver um encarregado da obra, nos moldes do mestre-de-obras da construção tradicional, este não dividia ou controlava o serviço da equipe. O grupo era responsável pela qualidade do serviço, pela solicitação de material e pela organização interna das tarefas.

No sistema de peças de concreto pré-moldadas a etapa de vedação também foi simplificada, com a utilização de peças posicionadas por encaixe. Esta etapa era realizada por equipe composta por 2 ou 3 operários. Assim como no sistema Travablocos, houve uma ampliação das tarefas. Além da vedação, a atividade envolvia a locação da obra e o posicionamento de janelas. A equipe realizava ainda a atividade de rejunte/regularização das superfícies das placas e pilaretes.

Outra parte da obra, nesta tecnologia, em que houve ampliação de tarefas foi a execução da viga inferior, em que o profissional se tornava responsável por todos os serviços (preparação e posicionamento de formas de madeira e lançamento e adensamento de concreto). Isto foi possível também pela simplificação das tarefas.

Neste sistema o encarregado, responsável pela obra, se ocupava mais em tarefas administrativas que na distribuição e controle dos trabalhos na obra, nas etapas acima citadas.

Nos dois sistemas construtivos os serviços de instalações elétricas e hidráulicas foram realizados por subempreiteiros, como na construção tradicional. No entanto, no sistema Travablocos, parte das instalações elétricas (colocação de tubulações, caixas e quadros) foi realizada pela equipe responsável pela vedação, bem como a colocação de *kits* hidráulicos. Aos subempreiteiros de instalações elétricas restava a passagem de fiação elétrica e ligações de interruptores, tomadas e disjuntores. Aos instaladores de hidráulica (subempreiteiros) restava a colocação da caixa d'água, ligações com ramais de água fria e ramais de esgoto.

De uma forma geral, a construção tradicional apresentava um número maior de profissões. Os oficiais qualificados realizavam serviços específicos, segundo suas habilidades. Havia ajudantes e serventes para apoio às tarefas e serventes produzindo argamassa e realizando transportes internos. Além destes, participavam do processo os subempreiteiros de hidráulica e elétrica.

Vários itens contribuíram para a redução do número de profissionais nos sistemas construtivos. Em primeiro lugar a diminuição de atividades, dos postos de trabalho e dos transportes internos. Outro ponto foi a ampliação de serviços para alguns profissionais, obtida pela simplificação de diversas tarefas. Através da utilização de equipes responsáveis por partes da obra a coordenação se tornou mais fácil, aliviando as responsabilidades dos encarregados pela obra.

O enriquecimento de tarefas exposto acima permite uma maior facilidade no gerenciamento do canteiro, já que há menos operários envolvidos na execução da obra e algumas atribuições dos encarregados ou mestres-de-obra eram realizadas pelas equipes de trabalho (distribuição interna das tarefas, por exemplo). Outra questão que permite maior

facilidade no gerenciamento do canteiro é a menor quantidade de estoques e a menor necessidade de coordenação entre postos de preparação de materiais e as frentes de trabalho.

## **5.5 Aspectos de construtibilidade**

### **5.5.1 Número e complexidade de atividades e operações**

Nos sistemas construtivos algumas atividades tiveram redução ou simplificação das operações em relação à construção tradicional, conforme exposto na seção 5.1, devido a pontos como: uso de coordenação modular, eliminação de materiais (argamassas de assentamento, formas de madeira, armaduras, concretagens), uso de componentes com dimensões do projeto e com união realizada por encaixe.

Um dos pontos observados com relação a simplificação é a sua influência na ampliação das operações que constituíam uma atividade. Tanto no sistema Travablocos como no de peças pré-moldadas ocorreu a simplificação na etapa de vedação, como citado acima, através do uso de coordenação dimensional e peças por encaixe. Com isso, por exemplo, a colocação de forras e marcos no sistema Travablocos foi feita pela equipe de vedação, juntamente com o assentamento dos blocos. No sistema de peças pré-moldadas os operários responsáveis pela execução da vedação colocavam as janelas no mesmo momento de encaixe das placas do sistema. Nestas duas tecnologias parte das operações do serviço esquadrias foi considerada englobada nas atividades do serviço vedação. Isto se deve ao conceito adotado no trabalho para a classificação de uma atividade: continuidade na execução das operações, ou seja, que o momento de execução seja o mesmo ou no máximo que as interrupções sejam desprezíveis.

Na construção tradicional a colocação de marcos e forras ou esquadrias é feita em momentos diferentes e por profissionais diferentes da etapa de vedação. Por isso são classificadas como atividades distintas.

Portanto, a simplificação de uma atividade permitiu a ampliação de algumas atividades que passaram a envolver não somente as operações do seu serviço de origem, mas também operações de outros serviços, conforme ilustra o esquema da Figura 5.10.

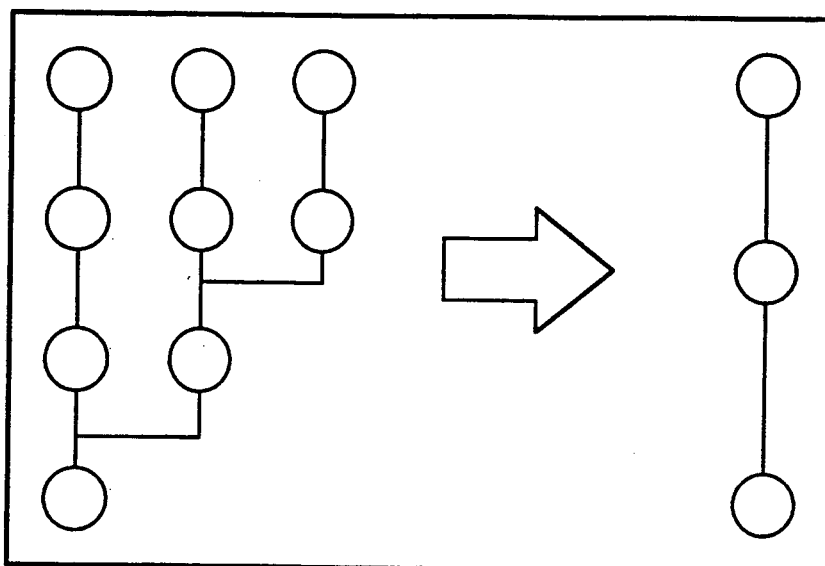


Figura 5.10 (a) - Simplificação de uma atividade através da redução do número de operações

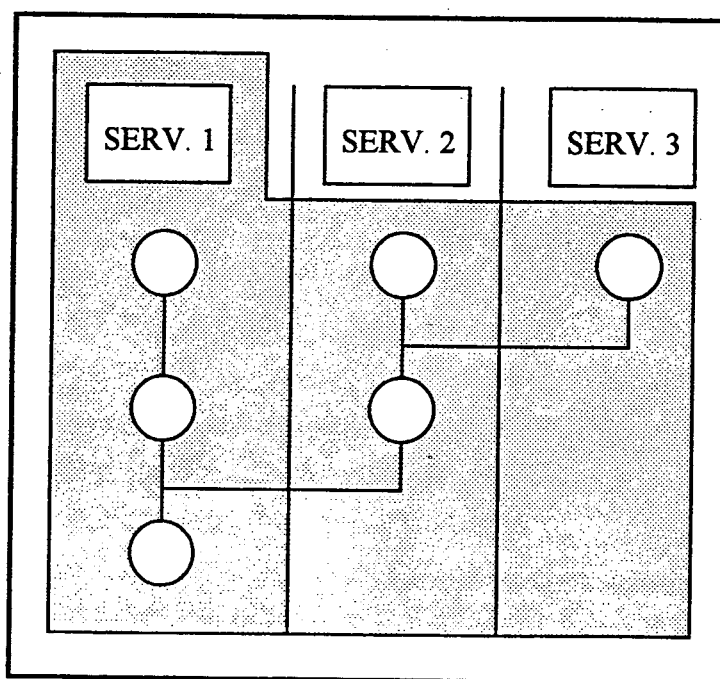


Figura 5.10 (b) - Atividade ampliada, envolvendo operações de diversos serviços

Além desta situação, os sistemas construtivos apresentaram melhoria na construtibilidade através da redução de atividades, devido às suas concepções, como a eliminação de revestimentos e de rasgos de paredes para instalação de tubulações hidráulicas e elétricas.

A eliminação ou simplificação de atividades e/ou operações é um dos principais pontos mencionados por Griffith [1986b] e O'Connor et al. [1987] para melhoria da construtibilidade. Caso haja um grande número de operações, com vários materiais e ferramentas envolvidos, a

probabilidade de ocorrer problemas é maior. Isto vale para o processo como um todo, ou seja, havendo um maior número de atividades, envolvendo um maior número de operações e com elas os diversos materiais e ferramentas necessários a execução, a probabilidade de ocorrer problemas é maior.

### 5.5.2 Forma de execução da unidade: inter-relacionamento e sequência executiva

A melhoria da construtibilidade através da interdependência entre etapas do processo produtivo pode ocorrer em dois níveis:

- redução ou simplificação da dependência entre operações que contribuem em uma atividade;
- redução ou simplificação do inter-relacionamento entre atividades durante todo o processo.

O primeiro caso refere-se as alterações a nível de atividade, tais como: redução de preparações de materiais, redução de componentes necessários, eliminação ou redução de transportes e manuseios. Ao se descrever três atividade da etapa vedação pode-se observar esta situação:

- a alvenaria (atividade [08] *Alvenaria I*) na construção tradicional envolvia o recebimento de areia, recebimento de cal, recebimento de cimento, recebimento de tijolos, preparação de argamassa, transportes de todos esses materiais e a confecção das paredes;
- a vedação (atividade [05] *Vedação II*) no sistema Travablocos foi realizada com as peças do sistema (blocos, tarugos), além da necessidade de caixas elétricas para tomadas baixas. As peças do sistema foram recebidos próximo à unidade em execução, reduzindo transportes e manuseios. A única preparação necessária foi a colocação de caixas elétricas nos blocos;
- a vedação (atividade [03] *Vedação I*) no sistema de peças pré-moldadas envolvia os pilaretes, além dos materiais necessários para locação. Todas as operações foram realizadas na própria unidade, não se exigindo transportes ou preparações de materiais em outros postos de trabalho do canteiro.

Com relação ao inter-relacionamento entre atividades e à sequência executiva, há uma série de situações a mencionar, em todos os processos. O primeiro ponto é a falta de observação de várias precedências gerando arremates, retrabalhos ou divisão de atividades. Outra questão é a execução de várias atividades de forma descontínua. Com isso parte das atividades foram realizadas com um número de visitas maior do que o mínimo possível, um caminho contrário ao estabelecido pelos preceitos da construtibilidade, mencionados por Griffith [1986b].

Outro princípio levantado por Griffith [1986a] sobre a melhoria da construtibilidade - realização da obra com a mesma sequência construtiva - não foi seguida em nenhuma das tecnologias adotadas no projeto, ou seja, a ordem de ataque quase nunca se repetia. Além disso muitas atividades eram executadas em condições diferentes por falta de precedências (divisão de atividades, arremates e finalizações) e ainda outras eram realizadas descontinuamente. Todas estas condições dificultam a repetição e inibem o efeito aprendizagem, já que as atividades e as condições para executá-las não são idênticas nas várias unidades habitacionais.

Em relação às sequências, uma questão que se destaca nas três tecnologias é a existência de praticamente um único caminho até a execução das vedações e a abertura de vários caminhos paralelos após a sua conclusão, havendo até este momento uma sequência praticamente única.

No entanto, partes do processo nos sistemas construtivos apresentaram sequências com melhorias para a construtibilidade após este evento. A maioria das atividades nos sistemas construtivos dependiam de poucas atividades antecessoras (uma ou duas) e se ligavam a poucas sucessoras (uma ou duas), com raras exceções chegando a anteceder ou suceder três atividades. Na construção tradicional os rebocos (interno e externo) dependem de quatro atividades e se ligam a outras sucessoras. Com isso a probabilidade de atrasos ou erros ocorrerem é mais acentuada, devido à maior quantidade de interdependências. Nas atividades de reboco da construção tradicional ocorreram boa parte das distorções por falta de precedências, como arremates junto a forras e marcos e retrabalhos por falta de assentamento de tubulações elétricas.

Outro ponto é a intercalação de atividades de diferentes naturezas. Na construção tradicional se executam as seguinte sequências:

- alvenaria I, pilares I, alvenaria II, pilares II, oitões em alvenaria, pilares dos oitões, cintas superiores;
- rasgos nas alvenarias, colocação de tubulações e caixas de instalação elétrica, chapisco e reboco de paredes, passagem de fiação elétrica, colocação de tomadas/interruptores/disjuntores;
- rasgos nas alvenarias, colocação de ramais de instalações hidráulicas, chapisco e reboco de paredes, instalação de louças/metals.

As atividades realizadas desta forma criam algumas situações particulares. Em primeiro lugar ocorre interferência do serviço de responsabilidade de uma categoria profissional em outro, o que pode acarretar erros que se propagam, numa forma de sinergia negativa para o processo, como indicam Vargas [1981] e Ferro [1982]:

*"No método tradicional, cada etapa interfere nas subseqüentes. Os erros de concretagem ou deformações provocadas nas formas de madeira prejudicam os*

*alinhamentos da alvenaria. A alvenaria é feita independente das instalações elétricas e hidráulicas que, por sua vez, exigirão destruir parte da alvenaria ou efetuar orifícios nas formas de concreto para embutir as tubulações. No final o emboço e contrapiso serão utilizados para corrigir as deformações anteriores... O resultado final é a perda do trabalho executado e um enorme volume de entulho, que exige trabalho adicional para ser coletado e transportado." (Vargas, 1981)*

*"...os colocadores de portas e peças que deterioram o revestimento, o qual, por sua vez, bloqueia as esperas deixadas por eletricitistas e encanadores, os quais são obrigados a reabrir as paredes erguidas pelos pedreiros..." (Ferro, 1982)*

As seqüências existentes nos sistemas construtivos permitem a realização de serviços de mesma natureza de uma forma mais contínua e com menor interferência nas demais fases do projeto. A menor interferência entre atividades de natureza diferente possibilita menos problemas como propagação de erros ou necessidade de retrabalhos.

Um dos casos de maior continuidade de atividades ocorreu na execução dos serviços de instalações hidráulicas e elétricas. Na construção tradicional é necessário abrir rasgos nas paredes, instalar as tubulações e acessórios (hidráulicos ou elétricos), aguardar o revestimento e só posteriormente continuar os serviços.

No sistema Travablocos as tubulações e acessórios (hidráulicos e elétricos) são posicionados na fase de vedação, pela equipe responsável por esse serviço. Nas instalações hidráulicas a seqüência de atividades consiste então na colocação de caixa d'água e ligação de tubulações previamente embutidas, uma atividade apenas. Nas instalações elétricas as atividades restantes (passagem de fiação elétrica, colocação de interruptores/tomadas/disjuntores) podem ser realizadas seqüencialmente, pois não há intercalação de outros serviços.

No sistema com placas de concreto pré-moldadas as instalações são aparentes, podendo ser realizadas de forma contínua em sua totalidade, após a conclusão da vedação. As tubulações e acessórios (hidráulicos e elétricos) são fixados por meio de parafusos. As instalações de água fria, constituídas de duas atividades, ramais e caixa d'água, em alguns casos eram realizadas em uma única visita. As atividades de instalações elétricas (colocação de tubulações, fiação elétrica e colocação de interruptores/tomadas/disjuntores) também tiveram algumas unidades realizadas com uma única visita.

A diminuição do número de visitas nos serviços de instalações é interessante para as empresas, visto que este serviço normalmente é executado por subempreiteiros. Estes não sendo funcionários das empresas, permanecem somente na obra o tempo necessário para realizar seus serviços. A necessidade de diversas visitas pode acarretar interrupções ou descontinuidade de execução nas unidades habitacionais, pela falta destes profissionais na obra.

Além disso verifica-se que boa parte dos casos de retrabalhos, arremates ou divisão de atividades por falta de precedência ocorreu no relacionamento das interfaces de instalações hidráulicas e elétricas com outros serviços, como:

- a falta de ramais de esgoto em alguns casos gerou o arremate em vigas de fundação e em outros repartiu a atividade contrapiso em banheiro e sala/quartos (construção tradicional e sistema de peças pré-moldadas);
- a execução do reboco antes da colocação de tubulações e quadros elétricos gerou um retrabalho no revestimento (construção tradicional).

Houve outras mudanças na seqüência dos sistemas construtivos que alteraram a construtibilidade, às vezes melhorando, outras causando problemas, em relação a forma adotada na construção tradicional:

- a fundação em *radier* adotada no sistema Travablocos possibilitou melhores condições de trânsito no interior da unidade habitacional, facilitando o emprego de andaimes quando necessários. Como ela é uma das primeiras atividades, esta vantagem repercute para quase todo o processo.
- a colocação de vidros no princípio da execução da unidade habitacional, juntamente com as esquadrias no sistema de peças pré-moldadas ocasionou a quebra de parte destas peças.



## CAPÍTULO 6

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

#### 6.1 Visão geral do trabalho

O trabalho apresenta uma análise do processo produtivo da construção habitacional, através de um estudo de caso em três tecnologias construtivas - construção tradicional, sistema construtivo Travablocos e sistema construtivo com peças de concreto pré-moldadas-, demonstrando-se os reflexos de cada uma das opções na execução da obra. A escolha destas tecnologias ocorreu pela sua utilização no estado de Santa Catarina em programas da construção habitacional de caráter popular, através da COHAB/SC, o que possibilitou o acompanhamento da execução de um projeto - conjunto habitacional *CAMINHO NOVO* - para obtenção dos dados necessários à dissertação.

Inicialmente apresentam-se os conceitos utilizados no texto para tecnologias construtivas e processo produtivo da construção, a fim de delimitar o campo de estudo. Demonstra-se as características da produção na construção habitacional e particularidades da construção de conjuntos habitacionais. Verifica-se, por esta caracterização, as diferenças do processo produtivo de habitações em relação aos de outras indústrias. Identifica-se um conjunto de pontos para se observar nos processos produtivos, reconhecidos pela bibliografia como formas de sua melhoria: redução do número de operações em obra, redução do número de visitas ao local de trabalho para completar uma atividade, simplificação da sequência construtiva, redução das dependências entre atividades e redução ou eliminação de interrupções dos trabalhos.

Define-se então, uma metodologia para obter os dados para a análise. Discute-se os critérios para dividir o processo produtivo nas suas etapas constituintes (atividades e operações) e os instrumentos para representá-lo, ou seja: fluxograma do processo (operações que compõem a atividade), macro-fluxo do processo, distorções em relação ao macro-fluxo estabelecido. Apresenta-se também o local do estudo de caso e as tecnologias adotadas no projeto.

Com os instrumentos para obtenção e representação dos dados e o local de estudo de caso definido, obtém-se os resultados necessários à análise. Descreve-se cada uma das tecnologias define-se as atividades que compõem os processos, as operações que formam cada atividade, a lógica de execução de uma unidade habitacional (macro-fluxo do processo) e as distorções observadas.

A partir dos resultados discute-se as alterações dos processos produtivos diante das etapas necessárias à execução de uma unidade habitacional. Examina-se como as alterações influenciaram a organização do canteiro e a utilização de mão-de-obra e equipamentos. Discute-se como os processos se comportaram segundo os pontos levantados para sua

melhoria: número e complexidade das operações e atividades, dependências entre operações na atividade e das atividades no processo, sequência construtiva, número de visitas necessárias e interrupções dos trabalhos.

Com a realização do trabalho pode-se chegar às conclusões apresentadas nos próximos itens.

## 6.2 Conclusões

Inicialmente é necessário reconhecer as particularidades da atividade construtiva (canteiro organizado temporariamente, processo de trabalho do tipo posicional, diversidade de materiais e componentes, etc.) e seus reflexos no encaminhamento das obras.

Verificou-se que há formas de melhoria nas etapas da construção (eliminação, redução ou simplificação), tanto a nível de operação quanto de atividade. No entanto, o inter-relacionamento das operações em uma atividade e das atividades no processo é um fator a ser levado em conta. Outra consideração relevante é a organização do canteiro e suas consequências, como a necessidade de facilitar sua mobilização e desmobilização, melhoria das condições de circulação ou mesmo redução de transportes e manuseios. Além disso, deve-se verificar os reflexos das modificações sobre a mão-de-obra e a organização do trabalho na construção.

O estudo da construção do conjunto habitacional *CAMINHO NOVO*, segundo as três tecnologias adotadas no projeto, proporcionou a verificação do desenvolvimento de processos produtivos na construção habitacional.

Observou-se em todas as opções pontos semelhantes, passíveis de melhorias para a atividade construtiva, tais como: necessidade de retrabalhos e arremates em várias atividades; realização de atividades com várias visitas (descontinuidade de trabalhos) ou divisão de uma atividade em duas ou mais; inexistência de uma única sequência construtiva.

Apesar desta situação, a comparação da construção tradicional com as outras duas tecnologias apontou vários caminhos de melhorias no processo produtivo de obras da construção habitacional. A maioria das mudanças ocorridas nos sistemas construtivos tem características semelhantes.

Ambos os casos partiram de concepções diferentes na etapa de vedação, através de componentes especiais, próprios a cada sistema. Além da alteração nesta etapa, a utilização dos componentes se refletiu em diversas outras fases do projeto. Como resultado obteve-se simplificação dos serviços e diminuição de atividades, quando comparados à construção tradicional. Estes itens ocorreram não só na execução da unidade em si, mas também em muitas atividades anteriores, nas tarefas de transportes internos, preparação de materiais e apoio aos serviços.

Nos sistemas construtivos a interferência entre atividades de natureza diferente era menor e a sequência de atividades permitia uma maior continuidade de serviços na unidade habitacional.

A partir da diminuição do número de atividades e da simplificação de tarefas a utilização dos operários na obra foi afetada duplamente. O primeiro ponto ocorre pela redução direta da necessidade de alguns profissionais, tais como: pedreiros para revestimentos e concretagens, armadores, carpinteiros para formas, serventes para transportes internos. O segundo pela possibilidade de ampliação da realização de serviços distintos de suas habilidades específicas, em uma forma de enriquecimento do trabalho.

Na parte reservada aos sistemas, o canteiro se apresenta com melhores condições de circulação devido a: menos estoques de materiais a céu-aberto; dispensa de barracões para armazenamento de insumos; postos de trabalho de menor dimensão; menor quantidade de sobras ou entulhos gerados na execução das unidades, e com isso maior limpeza.

Concluiu-se, portanto, que o estudo de caso permitiu atender aos objetivos do trabalho. A análise realizada verificou como as mudanças de uma tecnologia refletem no processo produtivo, através de uma visão operacional da obra.

### **6.3 Sugestões para futuros trabalhos**

Durante a elaboração do trabalho surgiram algumas idéias para trabalhos que poderiam seguir a linha desenvolvida nesta pesquisa, podendo contribuir na discussão de conceitos relativos ao desenvolvimento do processo produtivo nos canteiros de obras.

A primeira e mais natural continuação deste trabalho é o estudo de outros sistemas construtivos aplicados na produção de habitações térreas unifamiliares existentes no Brasil, buscando um modelo para direcionamento de melhorias no processo produtivo da construção habitacional.

A elaboração de estudos quantitativos sobre o tema é outro caminho importante no prosseguimento deste campo de pesquisa, obtendo-se por esta via o comparativo de produtividades e consumos em obra, que poderiam trazer uma maior robustez nas formas identificadas de melhoria.

Uma forma de verificar outros aspectos do processo produtivo é ampliar a pesquisa e obter informações acerca da produção dos componentes e de serviços realizados em centrais fora do canteiro de obra.

Outra linha a ser explorado é a realização de pesquisas em outras tipologias de obras. No setor habitacional poderiam ser feitos trabalhos em residências de dois pavimentos, edifícios de quatro pavimentos, etc..

Neste campo, poderiam ser feitas comparações entre várias tecnologias aplicadas a uma mesma tipologia, bem como se estudar uma mesma tecnologia em várias tipologias. Neste

último caso se obteria os reflexos das alterações tipológicas no desenvolvimento do processo produtivo, para uma dada tecnologia.

Além do setor habitacional, há outros tipos de obras que poderiam ser explorados em trabalhos, tais como: barracões para instalações industriais, escolas, postos de serviço, etc...

Com relação somente a construção tradicional, podem ser feitos alguns trabalhos específicos, tais como:

- estudo de diferenças entre sequências e formas de condução do processo de construção em diferentes regiões do país;
- reflexo de inovações em materiais e equipamentos sobre o processo produtivo.

Estes trabalhos poderiam ainda ser desenvolvidos na comparação de diferentes métodos de trabalho empregados em partes da obra (estrutura, revestimento, pavimentação, etc.) e seus reflexos sobre o processo produtivo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- ANTILL, James M. e WOODHEAD, Ronald W. **CPM Aplicado às construções**. Rio de Janeiro: LTC, 1971. 301 p.
- BALARINE, Oscar F. O. **Administração e Finanças para Construtores e Incorporadores**. Porto Alegre: EDIPUC, 1990, 196 p.
- BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blücher, tradução da 6a. edição americana, 1977
- BISHOP, Donald. The economics of industrialised building. **Chartered Surveyor**, October, 1966
- BLACHÈRE, Gérard. **Tecnologías de la construcción industrializada**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1977
- CABRAL, Eduardo C. C. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificação**. Florianópolis: PPGE/UFSC. (Dissertação de mestrado em Engenharia da Produção), 1988
- CHEETHAM, David W. Bricklaying - the problems of translating research into practice. **CIB 90**, v.5, **Anais ...**, 1990, pp. 59-70
- CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria da administração**. São Paulo: MacGraw Hill do Brasil, 3a. ed., 1983
- PINI. **CONSTRUÇÃO-São Paulo**, n. 2318, julho, 1992
- CURRIE, R.M. **Work study**. London, Pitman publishing, second edition, 1963
- DREWIN, Ferdinand J. **Construction productivity: measurement and improvement through work study**. New York: Elsevier, 1982
- FARAH, Marta F. S. [1992] **Tecnologia, Processo de Trabalho e Construção Habitacional**. São Paulo, USP. (Tese de doutorado em Sociologia)
- FERRO, Sérgio **O Canteiro e o desenho**. São Paulo: Projeto, 1982

FORBES, Stewart Información de costes en la producción. IN: TURIN, Duccio (Ed.) **Economía de la construcción**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1979

FORMOSO, Carlos T. **A Knowledge Based Framework for Planning House Buiding Projects**. Salford: University of Salford, Ph.D. Thesis, 1991

GAMA, Ruy. **A tecnologia e o trabalho na história**. São Paulo, Nobel/Edusp, 1986

GRANDI, Sonia L. Desenvolvimento da Indústria da Construção no Brasil e as Alterações na Composição da Mão-de-obra e na Organização do Trabalho. São Carlos, VIII ENEGEP, 06 a 09 de setembro, Anais..., v. 2, 1988, pp. 806-812

GRIFFITH, Alan. Buildability - The Effect of Design and Management on Construction. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 10., Washington, 1986. **Advancing building technology: proceedings**, s.1, CIB, 1986a, v.8, pp.3504-3512

GRIFFITH, Alan. Buildability - The Effect of Design and Management on Construction. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 10., Washington, 1986. **Advancing building technology: proceedings**, s.1, CIB, 1986b, v.8, pp.3495-3503

GRIFFITH, Alan. **Buildability: the effect of design and management on construction - a case study**, Report by Science and Engineering Research Council (SERC)/Heriot-Watt University, s/data

GRIFFITH, Alan. An investigation into factors influencing buildability and levels of productivity for application to selecting alternative design solutions - a preliminary report, CIB 87, Anais..., 1987, pp. 646-657

HALPIN, D. W e WOODHEAD, R.W. **Design of construction and process operation**. Nex York, NY: John Wiley and Sons, 1976

HANSEN, Karen L.e TATUM, Clyde B. Technology and Strategic Management in Construction. **Journal of Management in Engineering**, ASCE, v. 5, n.1, 1989, pp.67-83

HAYES, Robert H. Porque as Fábricas Japonesas Funcionam. IN: **Planejamento Estratégico: Novos Caminhos**, HARVARD/EXAME, 1981

HEINECK, Luiz F. M. **On the analysis of activity durations**. Leeds, University of Leeds, Ph.D. Thesis, 1983

HEINECK, Luiz F. M.. Efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade nas alvenarias. III Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, Florianópolis, SC, Anais..., 30 e 31 de outubro, 1991

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.  
**PATI-Programa de atualização tecnológica industrial - construção habitacional**. São Paulo: Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia, 1988

KINNINBURG, W. e VALLANCE, L.S. **A work study in blocklaying**. National Building Studies, Technical paper n. 1, London: H.M.S.O., 1948

NAM, C.H. e TATUM, C.B. Major characteristics of constructed products and resulting limitations of construction technology. **Construction Management and Economics**, v. 6, n. 2, summer, 1988, pp.133-148

O'CONNOR, J.T. et al. Constructability Concepts for Engineering and Procurement **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 113, n.2, June, 1987

OLOMOLAIYE, P.O. et. al. Problems Influencing Craftsmen's Productivity in Nigeria. **Building and Environment**, v. 22, n.4, 1987, pp. 317-323

PARKER, Henry W. e OGLESBY, Clarkson H. **Methods Improvement for Construction Managers**, MacGraw-Hill, 1972

PEER, S. e NORTH, T.R. Unproductive time in building operations, **Building Forum**, v.3, n.2, pp. 39-48, June, 1971

PIGOTT, Pierce T. **A productivity study of housebuilding**. Dublin: AN FORAS FORBARTHA, Second impression, December, 1974

ROSSO, Teodoro. Produtividade da construção. 2o. ENCO (Encontro Nacional da Construção), Rio de Janeiro, Anais..., Dezembro, 1974

ROSSO, Teodoro. **Racionalização da construção**. São Paulo: FAUUSP, 1980, 300p.

- SABBATINI, Fernando H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia**. São Paulo: USP. (Tese de doutorado em engenharia civil), 1989
- SILVA, Maria A. C. **Identificação e análise dos fatores que afetam a produtividade sob a ótica dos custos de produção de empresas de edificações**. Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, (Dissertação de mestrado em engenharia civil), 1986
- SILVA, Maria A. C. Alternativas tecnológicas à produção habitacional: a racionalização como fator de competitividade. III Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, Florianópolis, SC, **Anais...**, 30 e 31 de outubro, 1991
- SOARES, José O. P. Definindo tecnologia. **POLI-DEBATE** (Publicação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), Outubro, 1992
- TAYLOR, Frederick W. **Princípios de administração científica**. São Paulo, Atlas, 7ª. edição, 1987
- TATUM, Clyde B. Potencial mechanisms for construccion innovation. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 112, n.2, 1986, pp. 259-272
- TATUM, Clyde B. Improving constructibility during conceptual planning. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 113, n. 2, 1987a, pp. 191-207
- TATUM, Clyde B. The process of innovation on the construction firm. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 113, n. 4, 1987b, pp. 648-663
- TATUM, Clyde B. Classification System for Construction Technology. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 114, n.3, 1988, pp. 344-363
- TATUM, Clyde B. Managing for Increased Design and Construction Innovation. **Journal of Management in Engineering**, ASCE, v.5, n.4, 1989, pp.385-399
- VARGAS, Milton. Tecnologia e mundo simbólico. **POLI-DEBATE** (Publicação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), Outubro, 1992
- VARGAS, Milton. Re-definindo tecnologia. **POLI-DEBATE** (Publicação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), Outubro, 1992



VARGAS, Nilton. Construção habitacional: um "artesanato de luxo". **Revista Brasileira de Tecnologia**. Brasília, vol. 12, n. 1, jan./mar., 1981, pp.27-32

VIDAL, Mário. ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL: extensão do campo de aplicação da Engenharia de Métodos ou falência de suas premissas tradicionais?. Niterói,RJ, 06 a 09 de outubro, **Anais...**, 1987, pp. 1179-1194

VIDAL, Mário. Saúde, Qualidade, Produtividade ou apenas Ergonomia?. **Simpósio Trabalho e Trabalhadores na Construção**, AEPGP/COPPE - FORUM UNIVERSITÁRIO, (Texto datilografado), 1993

WHITEHEAD, B. Productivity in bricklaying. **Building Science**, Great Britain, Pergammon Press, pp. 1-10, 1973

**APÊNDICE I**  
**CONCEITOS SOBRE**  
**CONSTRUTIBILIDADE**

### **CONCEITOS SOBRE CONSTRUTIBILIDADE:**

Nas pesquisas realizadas nos Estados Unidos e Inglaterra sobre construtibilidade tem surgido uma série de conceitos acerca de sua melhoria. Alguns deles são apresentados a seguir:

#### **1) Simplificação do projeto:**

A simplificação do projeto é uma das principais formas de aumentar a construtibilidade. Pode ser obtida através de:

- utilização de um número mínimo de componentes, elementos ou peças;
- concentração de trabalhos com um só tipo de material ou profissão;
- utilização de materiais facilmente disponíveis no mercado, com tamanho e configuração comuns;
- utilização de materiais e componentes simples, fáceis de serem conectados, com uso mínimo de profissionais altamente habilitados e com poucos cuidados em relação a condições de armazenamento e uso;
- concentração da atenção na juntas entre componentes e entre elementos construtivos;
- incorporação de vários componentes ou funções em um só elemento;
- respeito a prumo, nível e esquadro (evitar ângulos, inclinações e superfícies curvas);
- uso de componentes que cubram grandes área, volumes, metragens lineares.

#### **2) Padronização:**

A melhoria da construtibilidade através de padronização permite aumento da produtividade, através da redução dos materiais e componentes. Além disto há vários elementos de projeto com potencial para padronização e desta forma melhoria na eficiência do uso de recursos, tais como:

- padronização e repetição de plantas ou de suas partes (padronização de tamanhos de quartos, tamanhos de salas, etc.);
- padronização de detalhes de execução;
- padronização de detalhes em elevação (coordenação de alturas de portas e janelas);
- padronização de dimensões através de coordenação modular.

As vantagens da padronização incluem possibilidade de emprego de efeito aprendizagem, simplificação na compra, nos cuidados de armazenamento e uso dos materiais.

### 3) Sequência executiva e interdependência entre atividades:

A consideração da sequência executiva e da interferência entre atividades é determinante da construtibilidade. Estes itens podem ser melhorados através de medidas como:

- eliminação de atividades desnecessárias, combinação de operações ou elementos, mudança na sequência e simplificação nos trabalhos necessários;
- redução de precedências;
- possibilidade de qualquer ordem de execução;
- enriquecimento de tarefas;
- segmentação do projeto em pacotes construtivos (o projeto deve permitir a identificação de pacotes de trabalho);
- possibilidade de utilização de efeito aprendizagem;
- utilização de sequências executivas que minimizem congestionamento no local de trabalho e nos caminhos de movimentação do canteiro;
- utilização de maquetes e modelos para prever sequências e congestionamentos de equipamentos e instalações durante a execução;
- definição de sequências que levem em conta os diversos equipamentos usados na obra (elevadores, andaimes, guinchos) e sua utilização nos diversos serviços;
- realização dos serviços de pavimentação de térreos o mais cedo possível, minimizando problemas de sujeiras e melhorando a circulação e uso de equipamentos;
- construção de escadas e plataformas de acesso definitivas o mais cedo possível, reduzindo a necessidade de andaimes e acessos temporários;
- realização dos serviços de finalização e acabamento de corredores e passagens o mais tarde possível, minimizando avarias e retrabalhos.

### 4) Acessibilidade e espaços adequados para trabalho:

A consideração de espaços adequados para acesso e trabalho é fundamental na construtibilidade. A falta de verificação deste item pode causar atrasos no ritmo dos trabalhos, baixa produtividade e aumento de avarias e retrabalhos.

Garantias de acesso e de espaços de trabalho adequados podem ser obtidas por:

- estabelecimento de orientações para espaços mínimos dos elementos do projeto;
- rotas de acesso bem definidas e demarcadas;
- definição de espaços bem definidos para equipamentos e estoques de materiais;
- comunicação a projetistas e planejadores da obra informações sobre os equipamentos de transporte e de execução dos serviços, com suas dimensões e espaços necessários para seus usos;
- acessibilidade ampla e firme, em boa posição postural para realização dos serviços;

- previsão de dutos e locais de passagem de tubulações;
- verificação antecipada do congestionamento devido a sequência executiva;
- verificação de espaços necessários para acesso de máquinas e ferramentas;
- verificação de espaços adequados de trabalho em torno do edifício e dos elementos construtivos;
- evitar remanuseio pela definição de locais de armazenagem fora da sequência executiva ;
- projetar a armazenagem fora do local da obra, em anexos que não serão trabalhados na sequência executiva.

# **ANEXO I**

## **FLUXOGRAMAS DO PROCESSO**

**Fluxogramas do processo - construção tradicional**

- Figura FP-T-1 - Limpeza do terreno
- Figura FP-T-2 - Locação da obra
- Figura FP-T-3 - Sapata corrida
- Figura FP-T-4 - Pilares I/Pilares oitões/Cinta superior
- Figura FP-T-5 - Pilares II
- Figura FP-T-6 - Alvenaria I
- Figura FP-T-7 - Alvenaria II
- Figura FP-T-8 - Oitões
- Figura FP-T-9 - Estrutura de madeira I
- Figura FP-T-10 - Estrutura de madeira II (trama)
- Figura FP-T-11 - Telhamento
- Figura FP-T-12 - Rasgos de paredes (inst. elétricas)
- Figura FP-T-13 - Tubulações/caixas instalação elétrica
- Figura FP-T-14 - Fiação elétrica
- Figura FP-T-15 - Interruptores, tomadas e disjuntores
- Figura FP-T-16 - Rasgos de paredes (inst. hidráulicas)
- Figura FP-T-17 - Instalação de ramais de água fria
- Figura FP-T-18 - Instalação da caixa d'água
- Figura FP-T-19 - Instalação de ramais de esgoto
- Figura FP-T-20 - Caixas de passagem de esgoto
- Figura FP-T-21 - Colocação de forras e marcos
- Figura FP-T-22 - Colocação de portas e janelas
- Figura FP-T-23 - Ferragens
- Figura FP-T-24 - Chapisco interno/chapisco externo
- Figura FP-T-25 - Reboco interno/reboco externo
- Figura FP-T-26 - Forro WC/Beiral telhado
- Figura FP-T-27 - Louças e metais
- Figura FP-T-28 - Contrapiso interno
- Figura FP-T-29 - Cimentado para piso
- Figura FP-T-30 - Calçada externa
- Figura FP-T-31 - Pintura em superfícies de madeira
- Figura FP-T-32 - Limpeza final

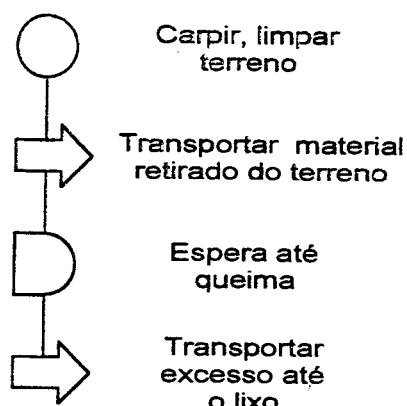


Fig. FP-T-1 - Limpeza do terreno

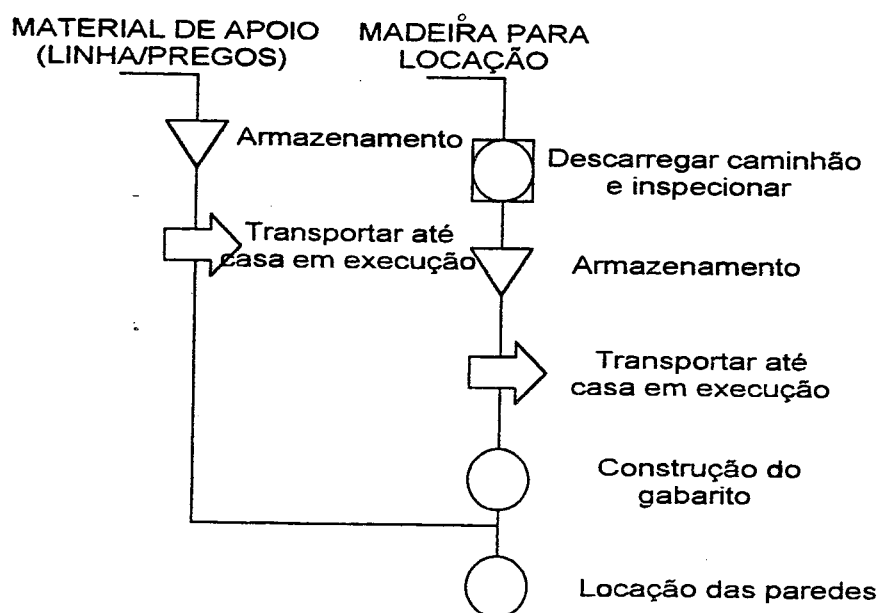


Fig. FP-T-2 - Locação da obra



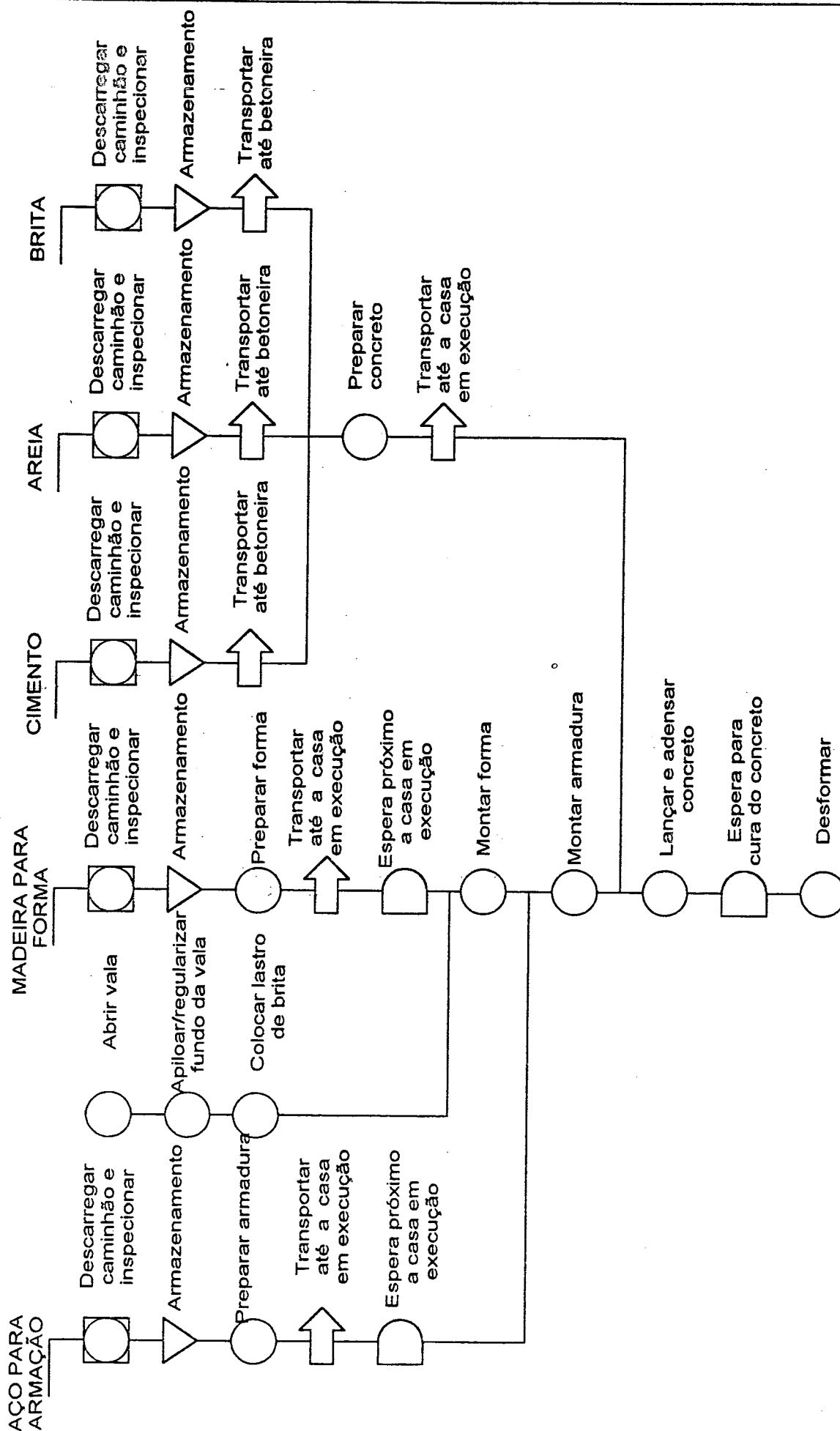


Fig. FP-T-3 - Sapata corrida

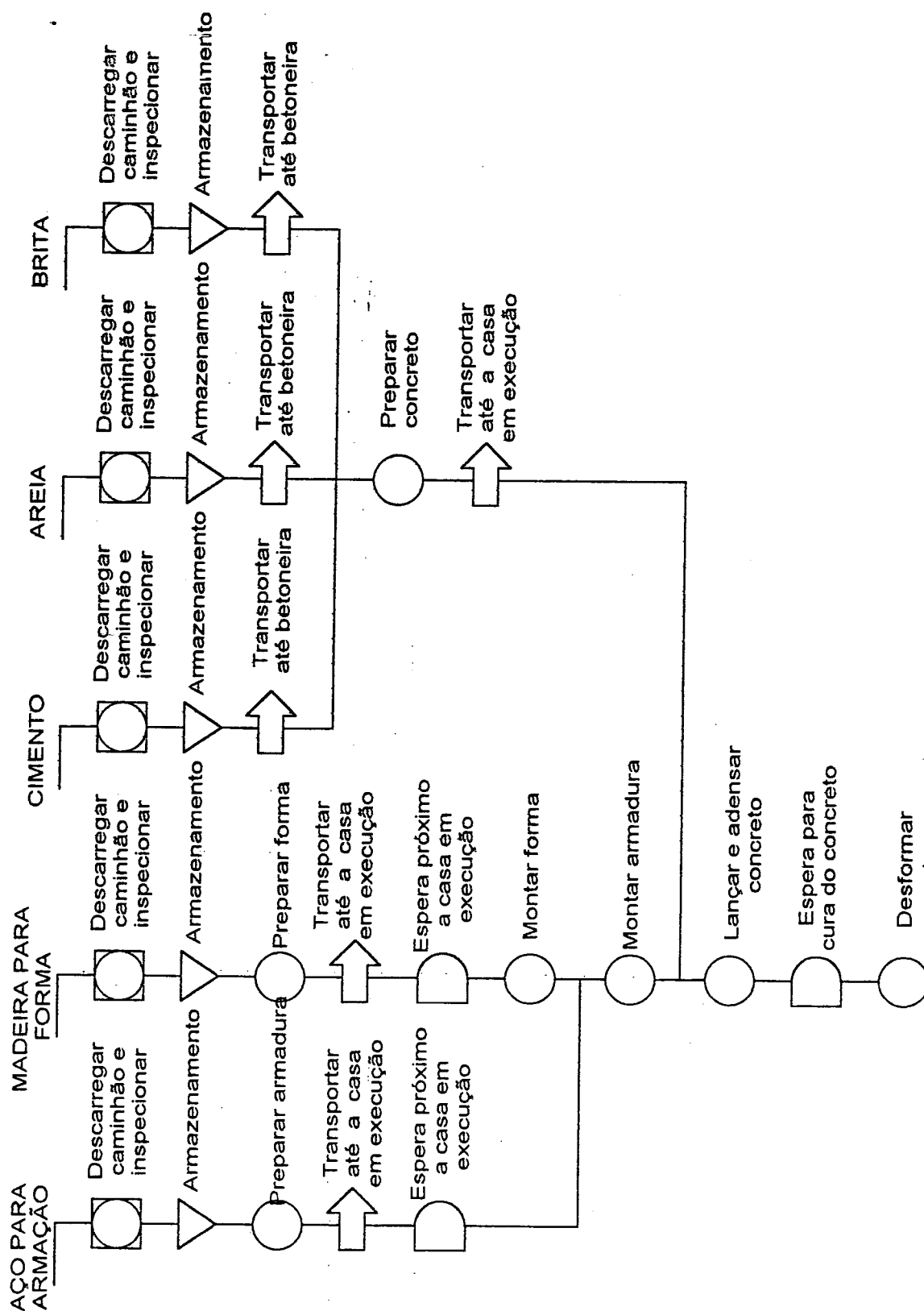


Fig. FP-T-4 - Pilares I/Pilares oitões/Cinta superior

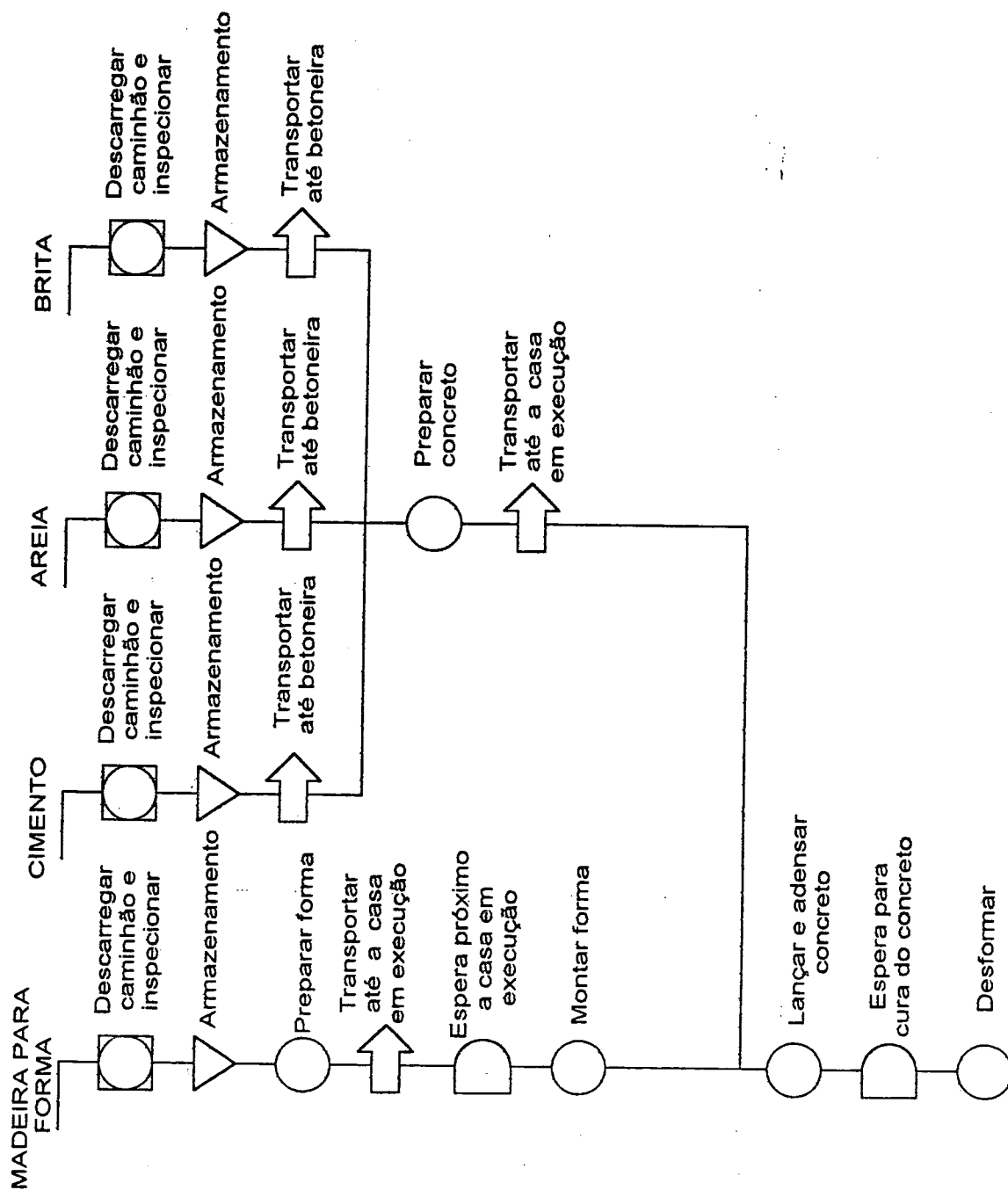


Fig. FP-T-5 - Pilares II/Pilares oitões/Cinta superior

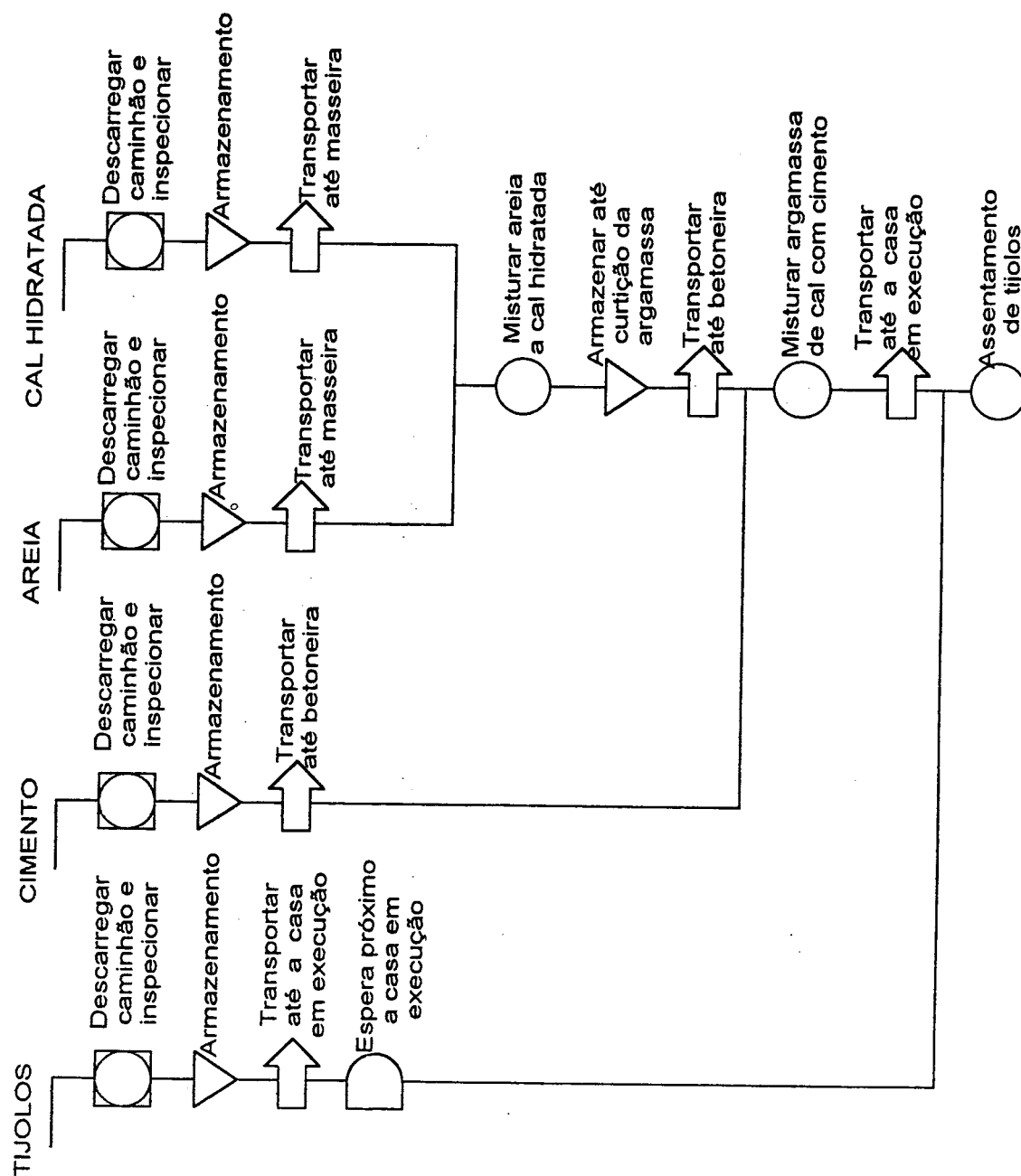


Fig. FP-T-6 - Alvenaria I

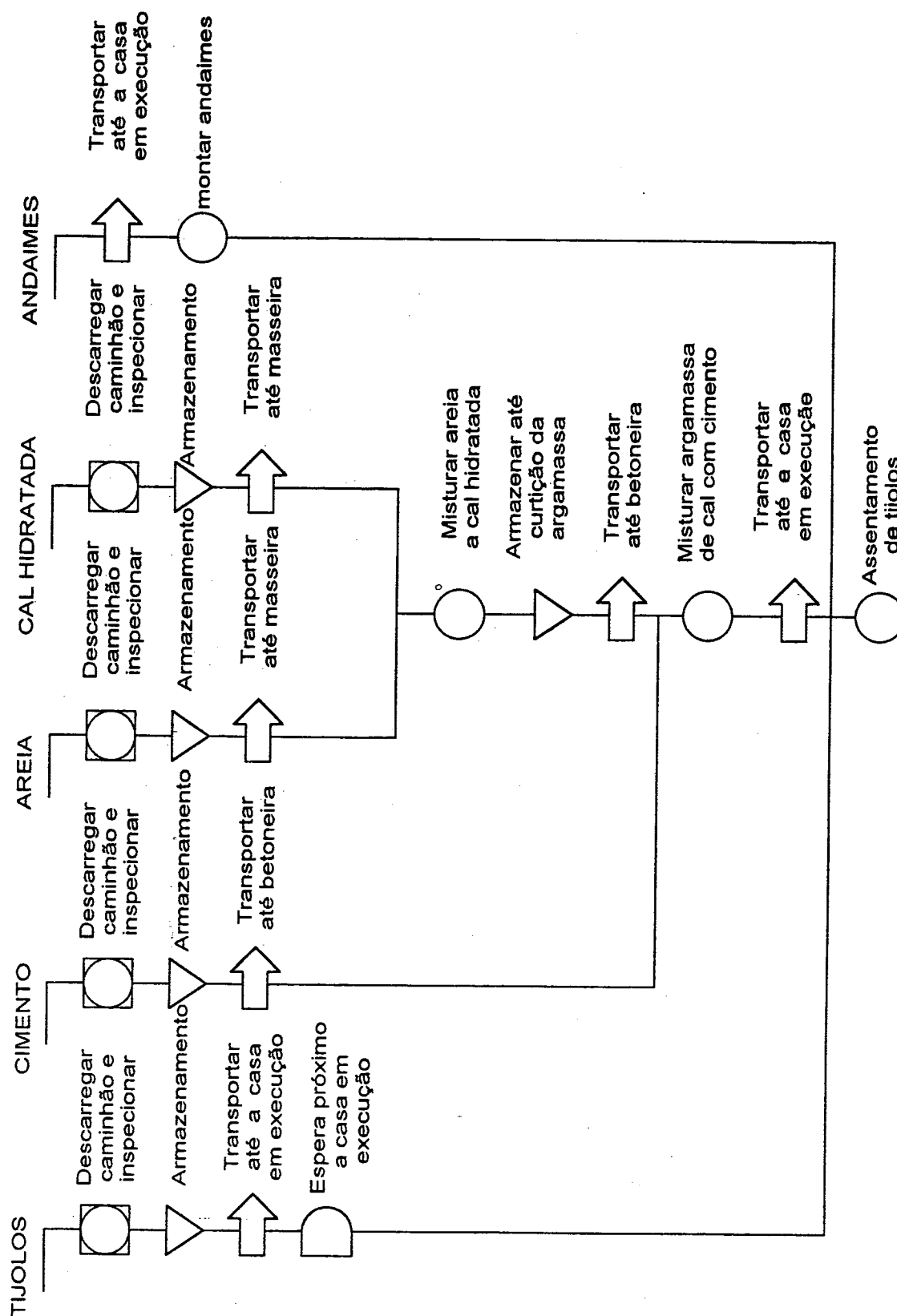


Fig. FP-T-7 - Alvenaria II

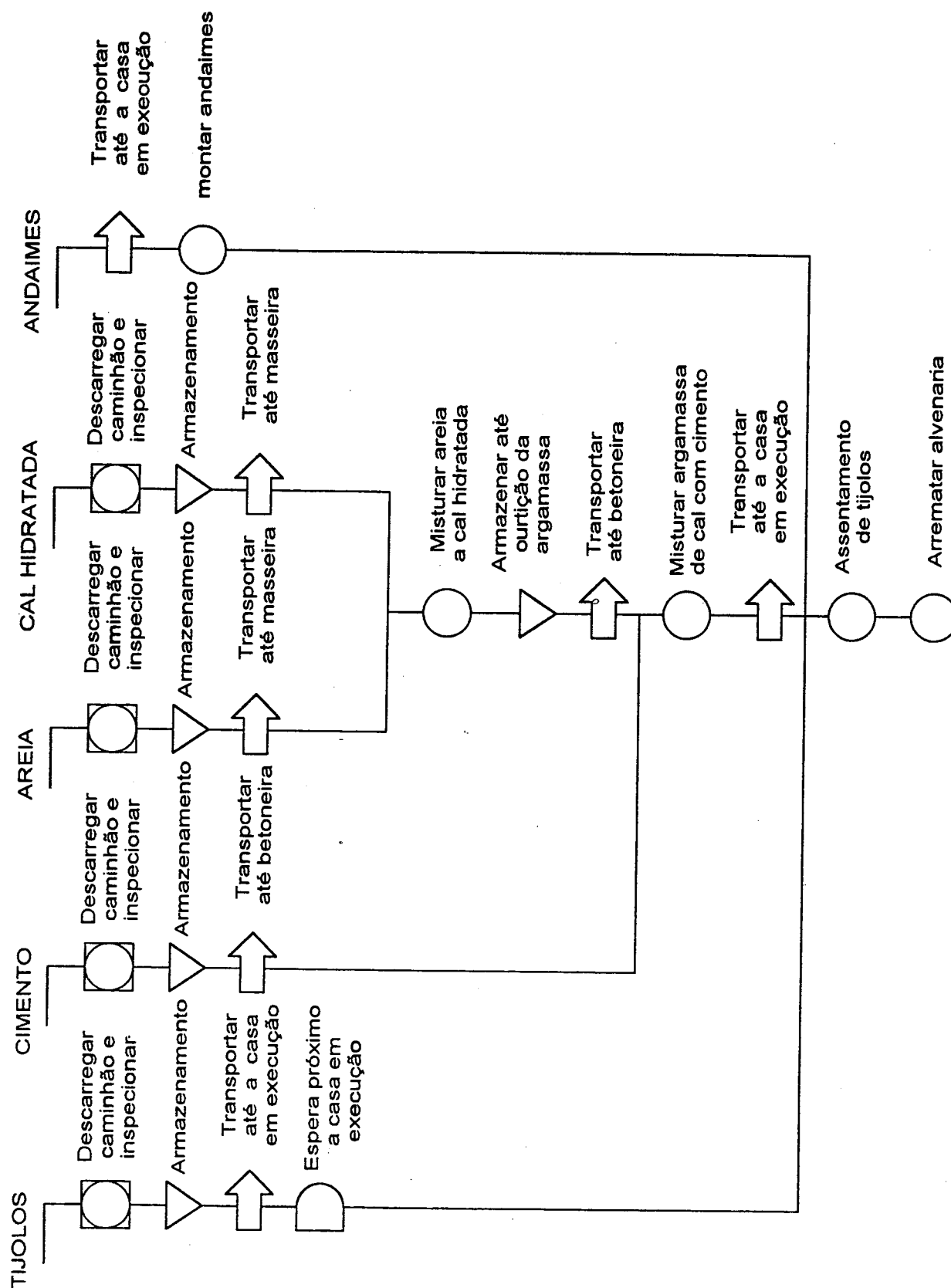


Fig. FP-T-8 - Oitões

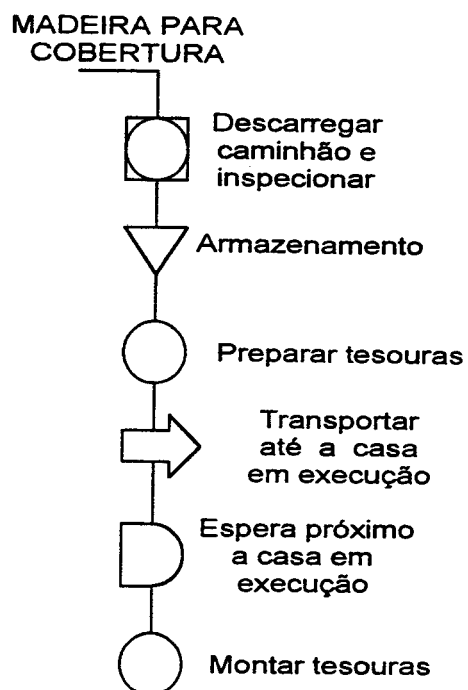


Fig. FP-T-9 - Estrutura de madeira I

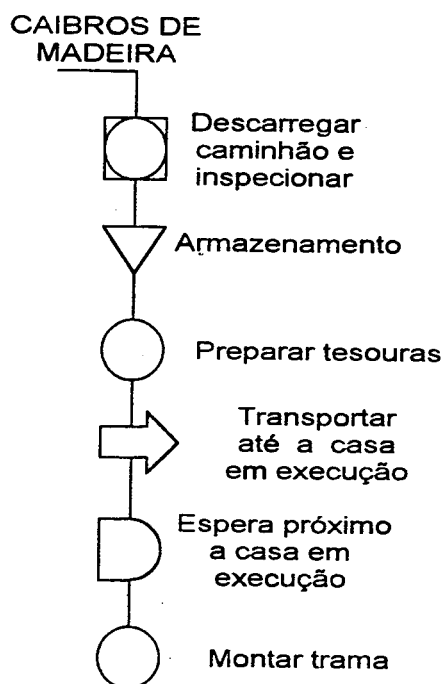


Fig. FP-T-10 - Estrutura de madeira II (trama)

## TELHAS E CUMEEIRAS

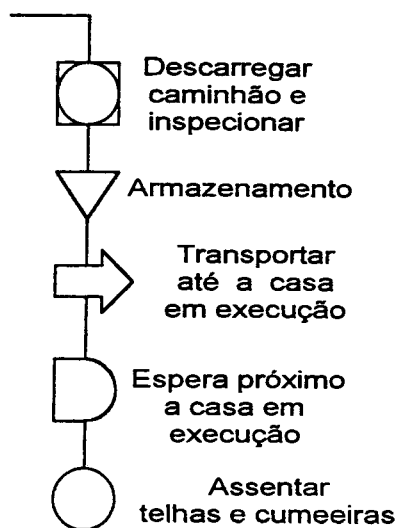


Fig. FP-T-11 - Telhamento

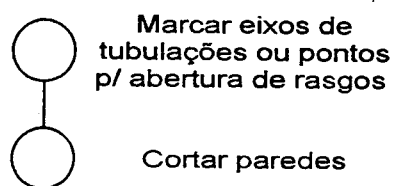


Fig. FP-T-12 - Rasgos de paredes (inst. elétricas)



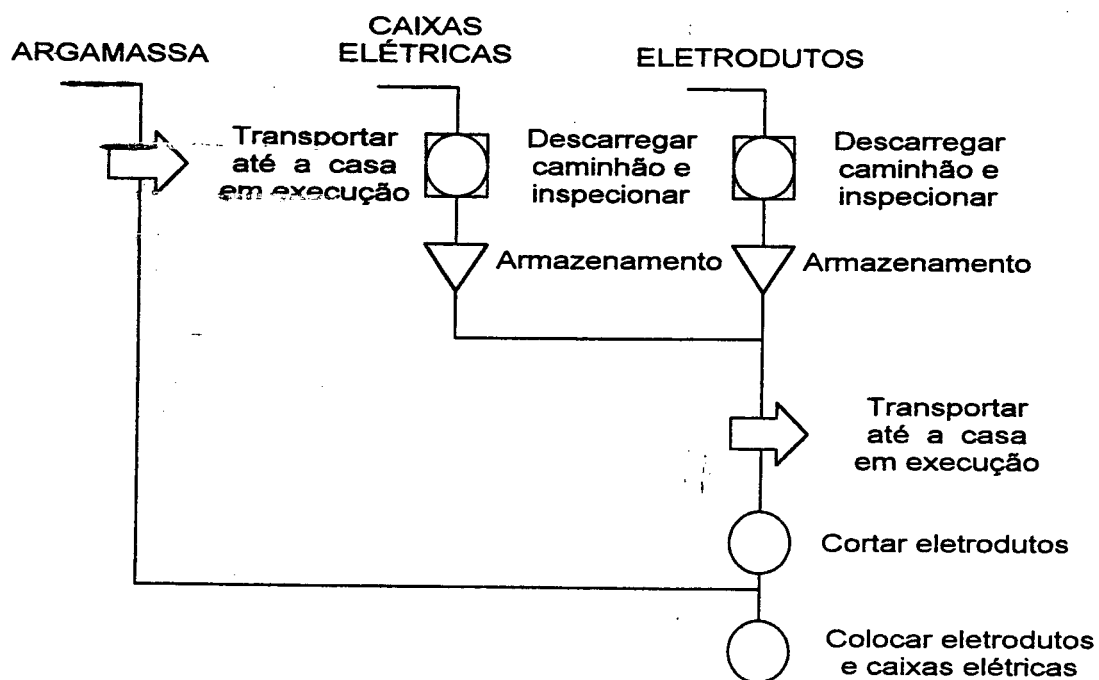


Fig. FP-T-13 - Tubulações/caixas instalação elétrica

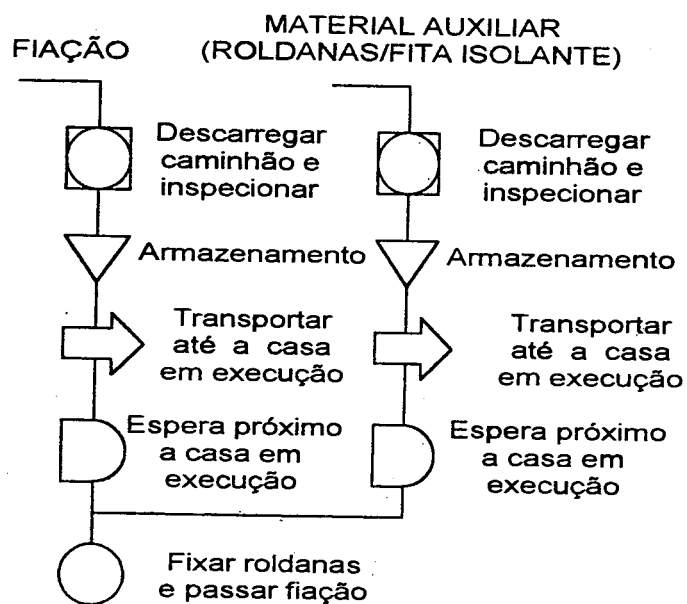


Fig. FP-T-14 - Fiação elétrica

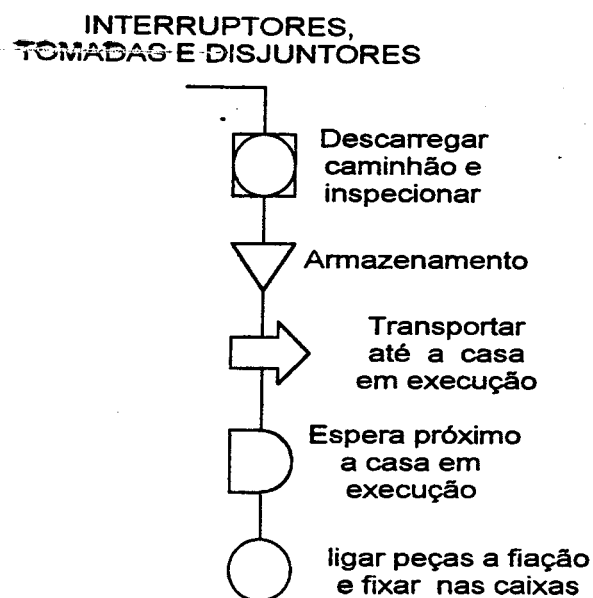


Fig. FP-T-15 - Interruptores, tomadas e disjuntores

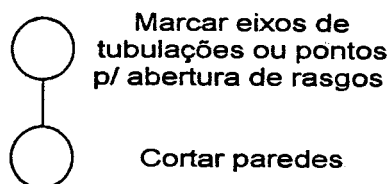


Fig. FP-T-16 - Rasgos de paredes (inst. hidráulicas)

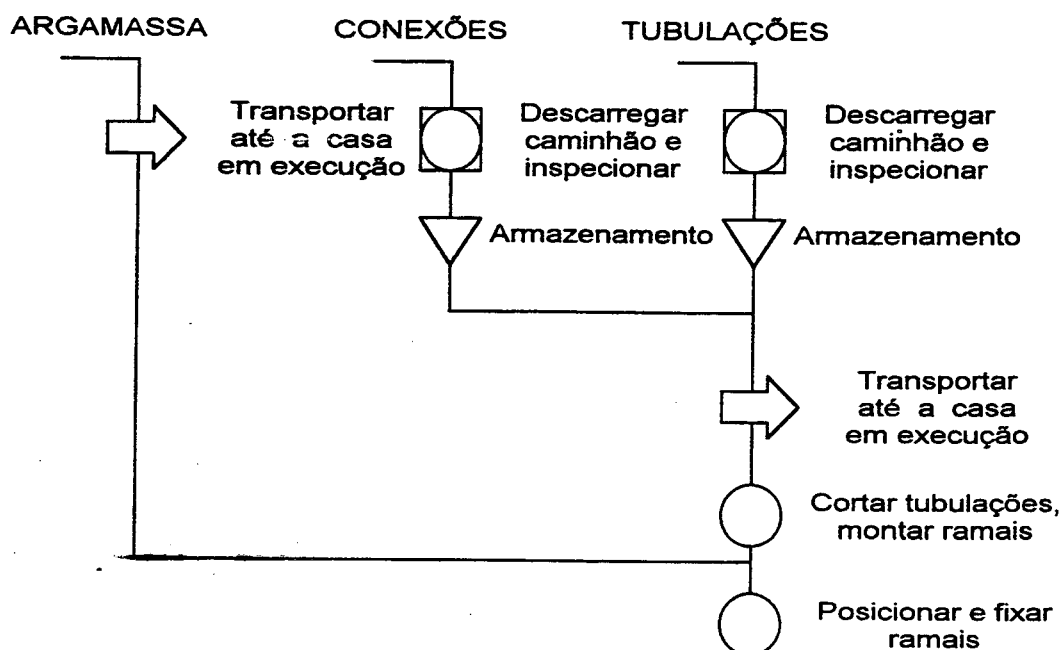


Fig. FP-T-17 - Instalação de ramais de água fria

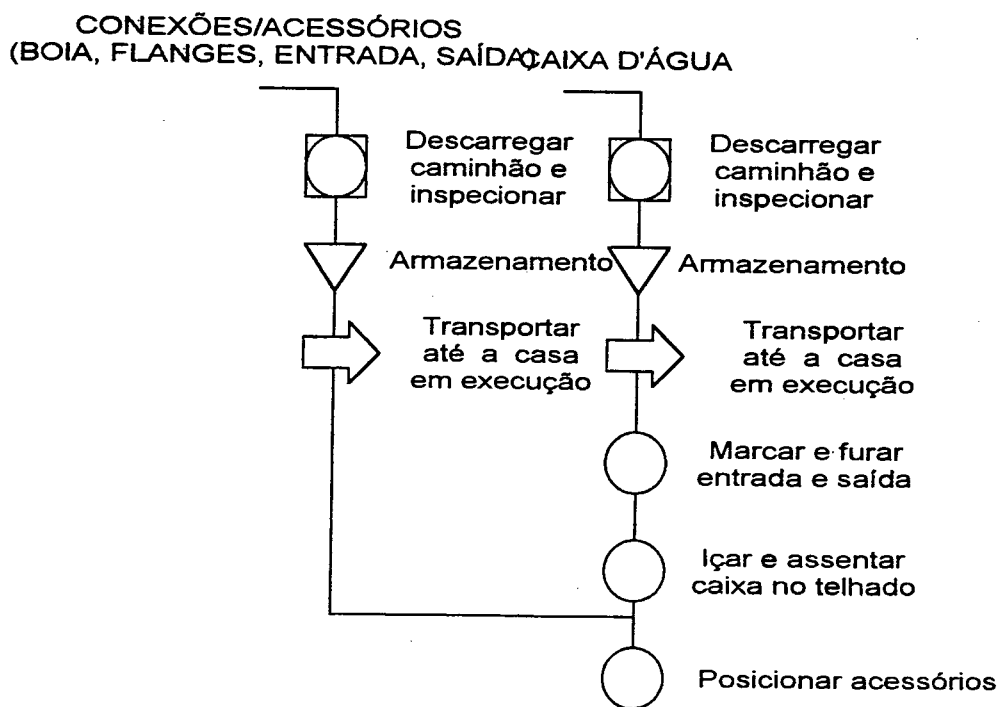


Fig. FP-T-18 - Instalação da caixa d'água

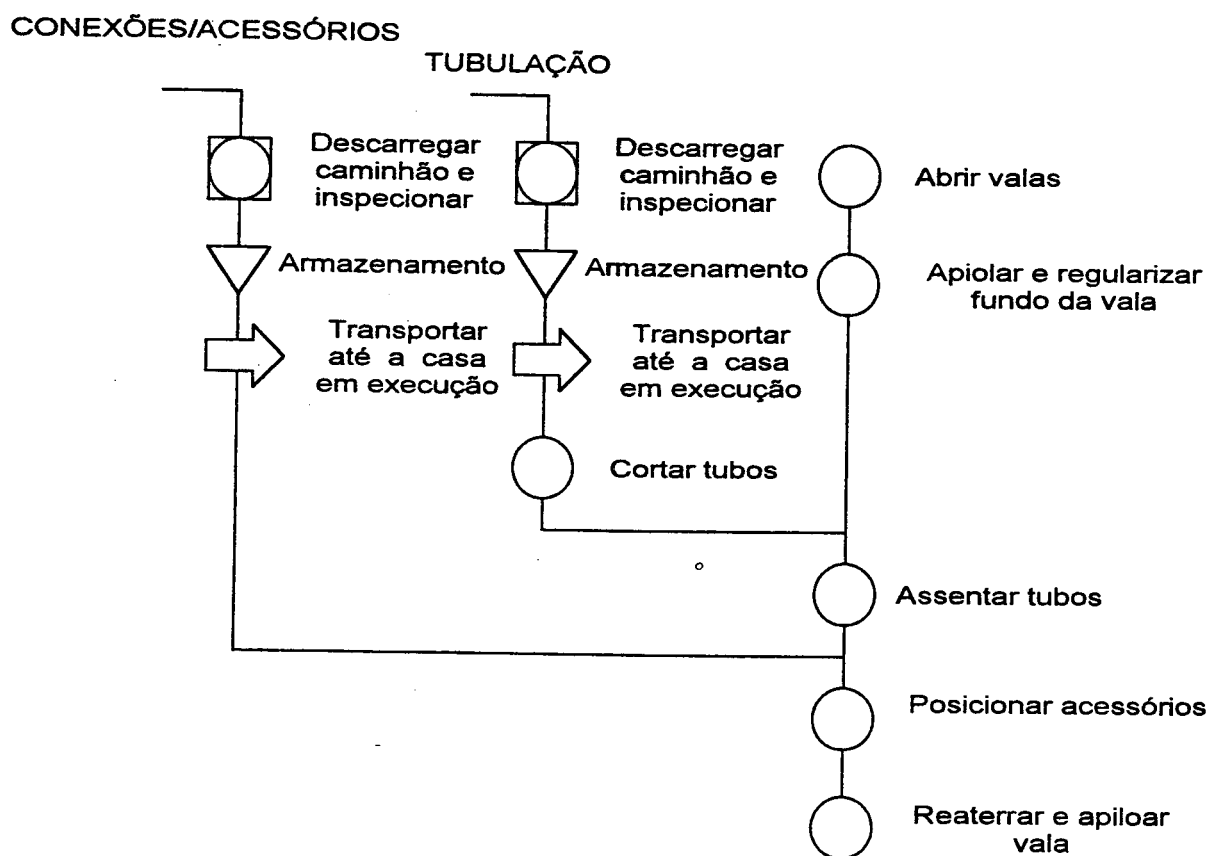


Fig. FP-19- Instalação de ramais de esgoto

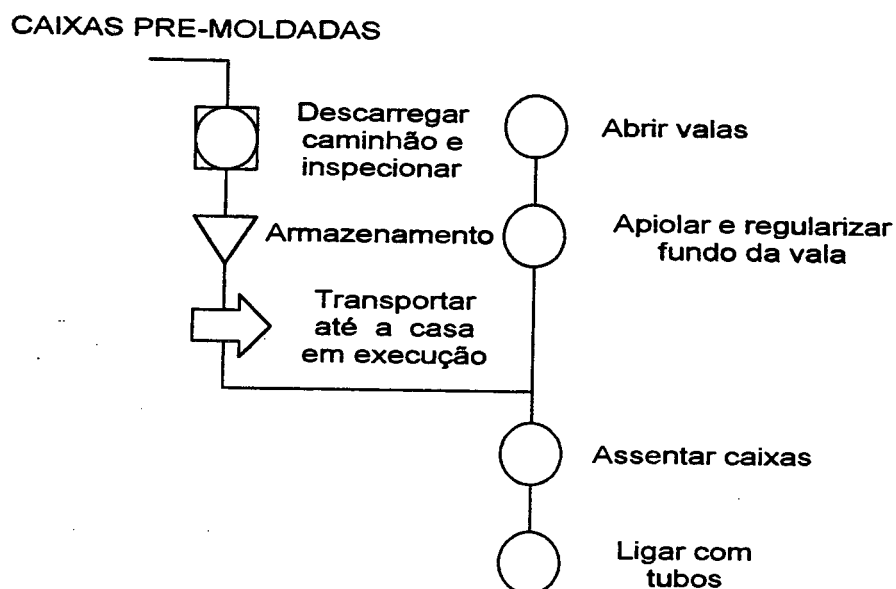


Fig. FP-T-20- Caixas de passagem de esgoto

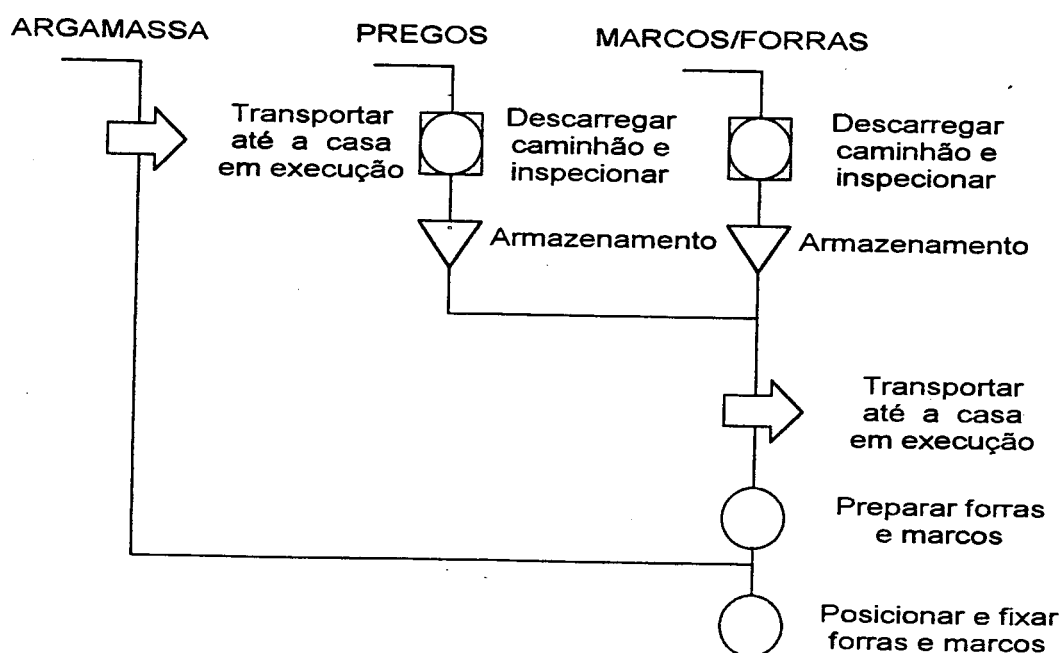


Fig. FP-T-21- Colocação de forras e marcos

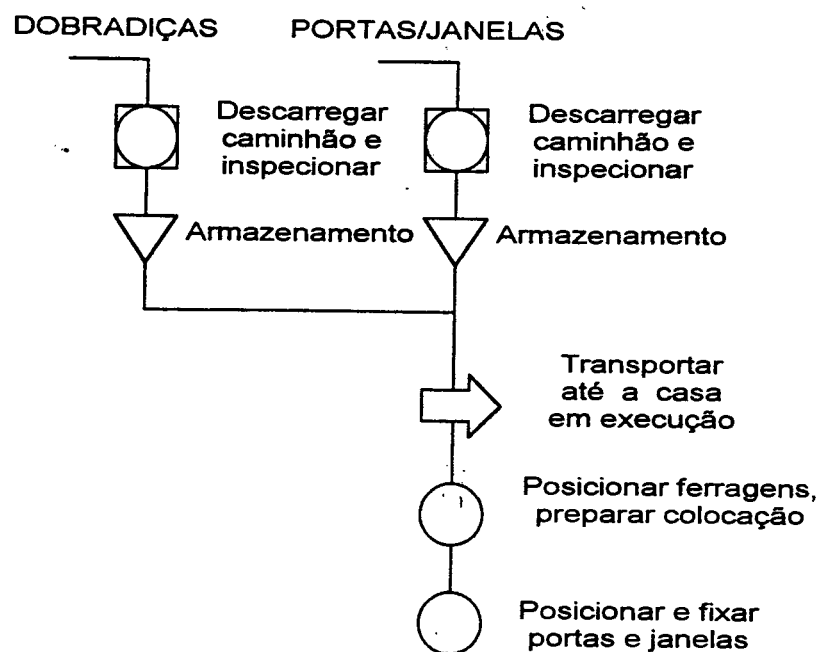


Fig. FP-T-22 - Colocação de portas e janelas

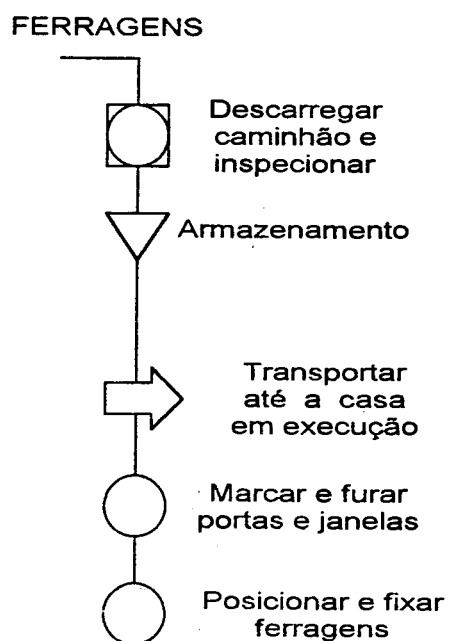


Fig. FP-T-23 - Ferragens

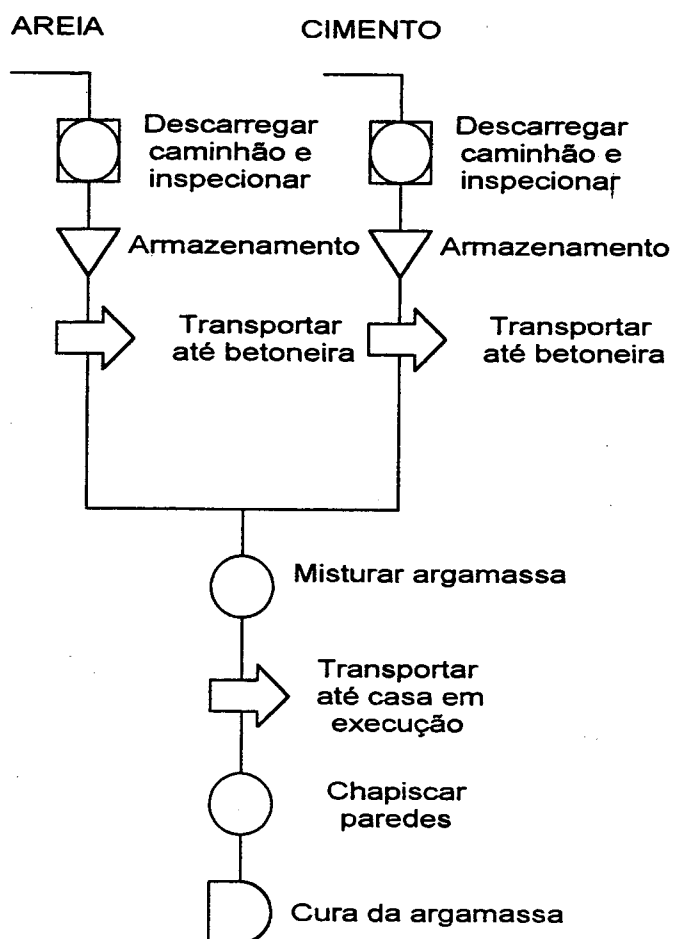


Fig. FP-T-24 - Chapisco interno/chapisco externo

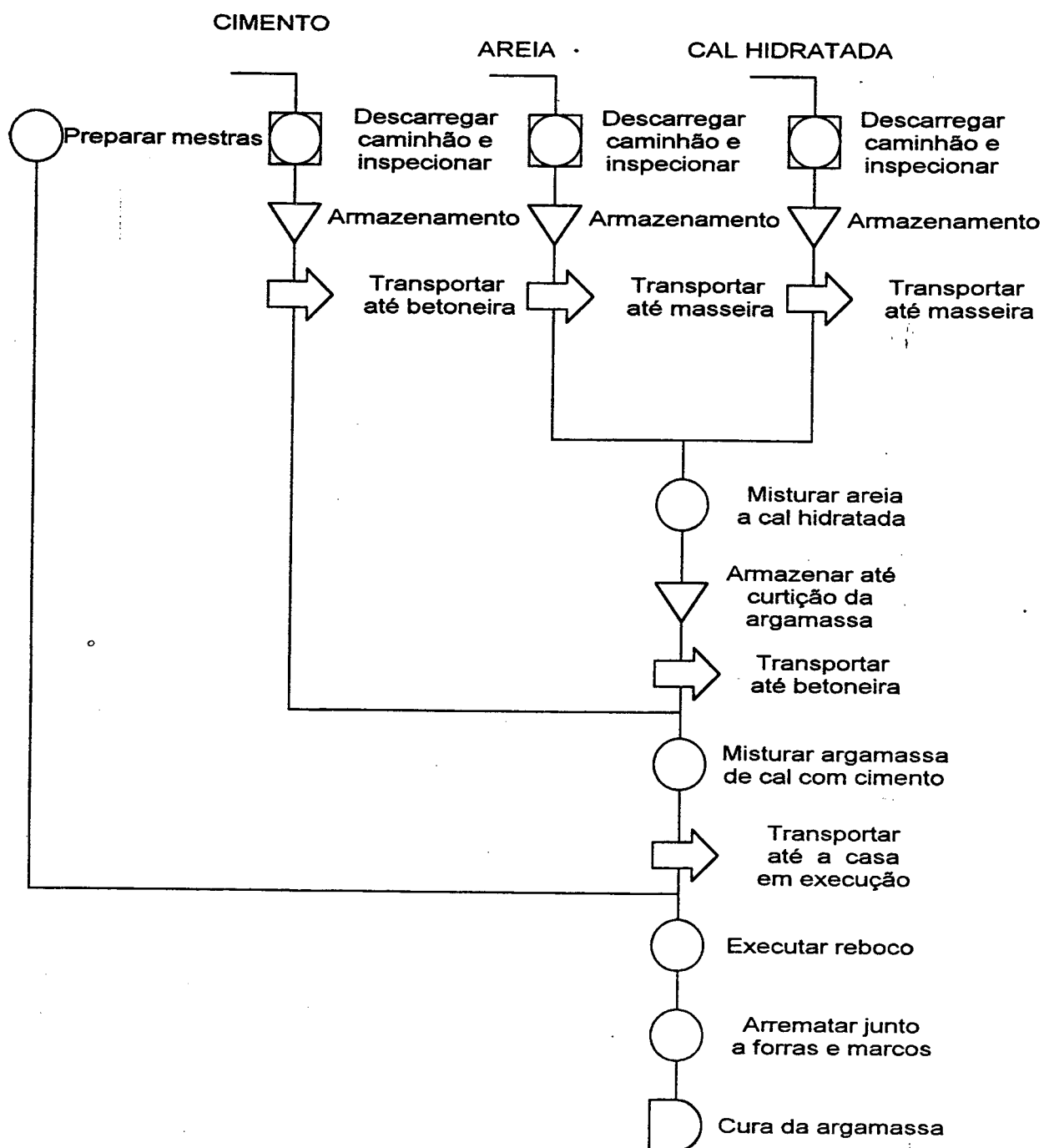


Fig. FP-T-25 - Reboco interno/ reboco externo



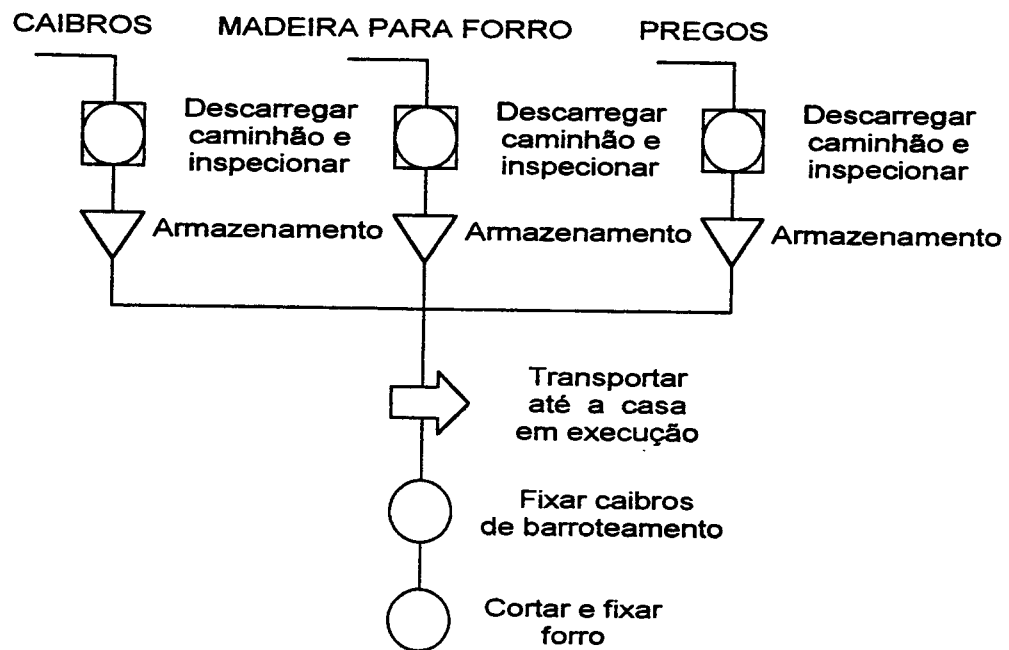


Fig. FP-T-26 - Forro WC/Beiral telhado

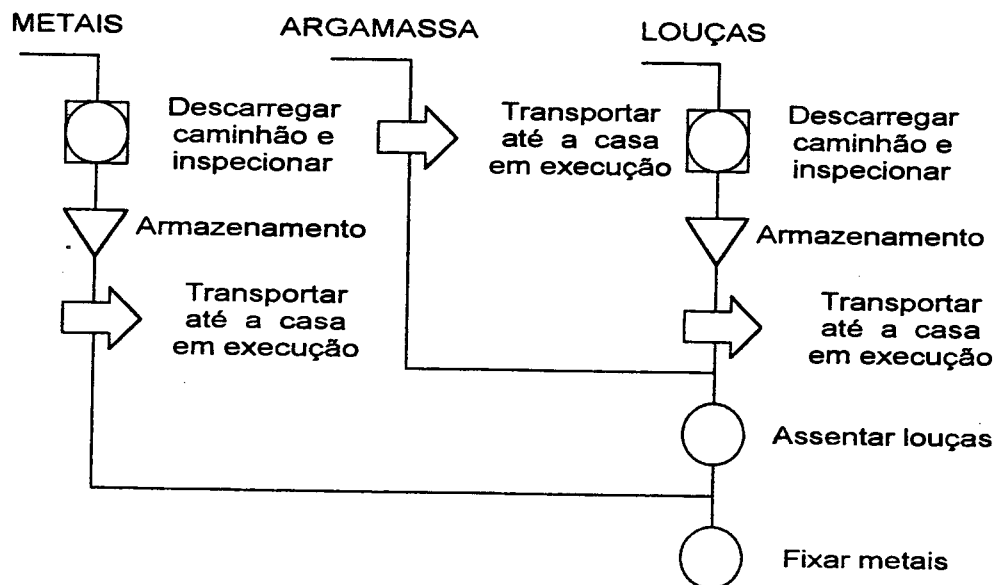


Fig. FP-T-27 - Louças e metais

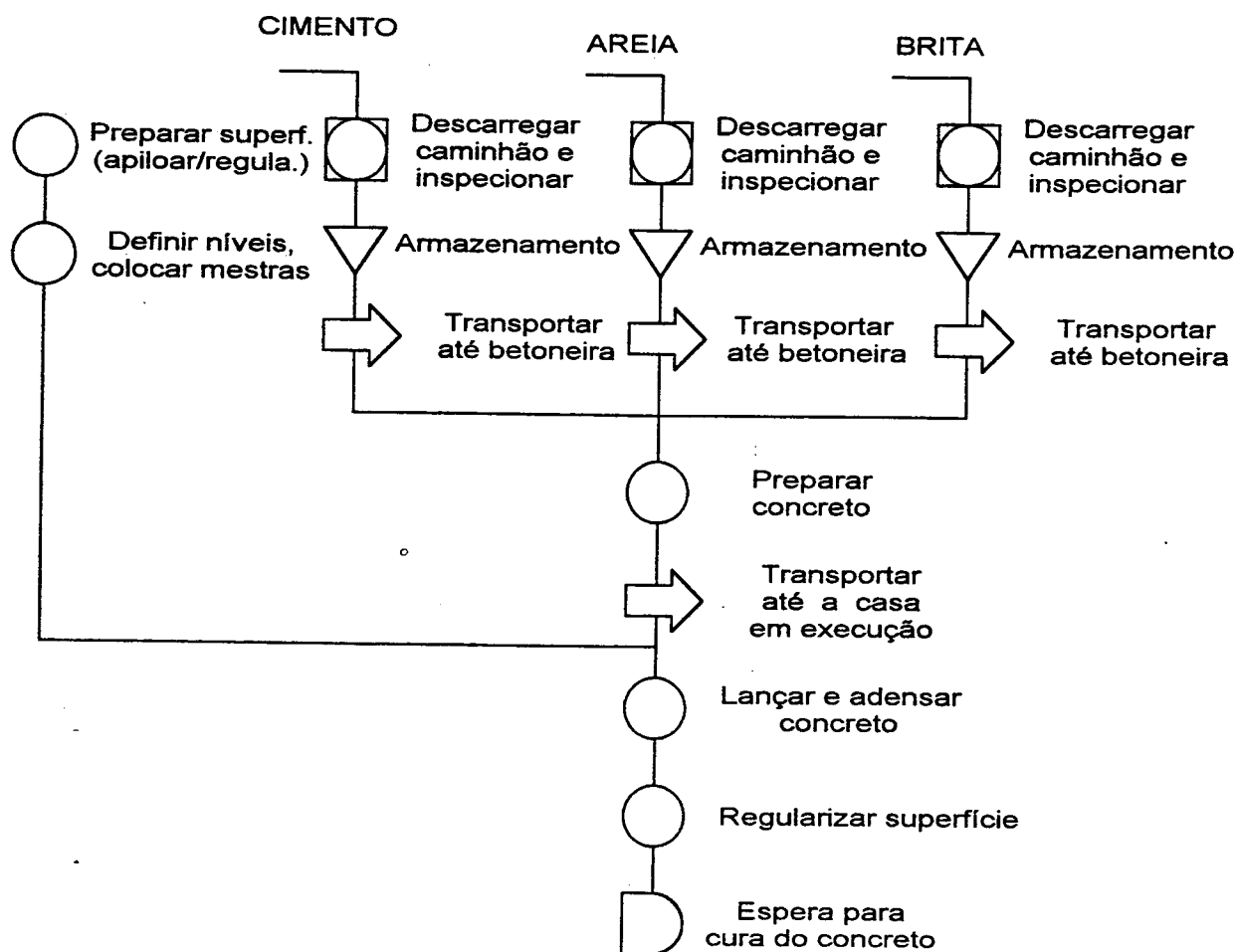


Fig. FP-T-28 - Contrapiso interno

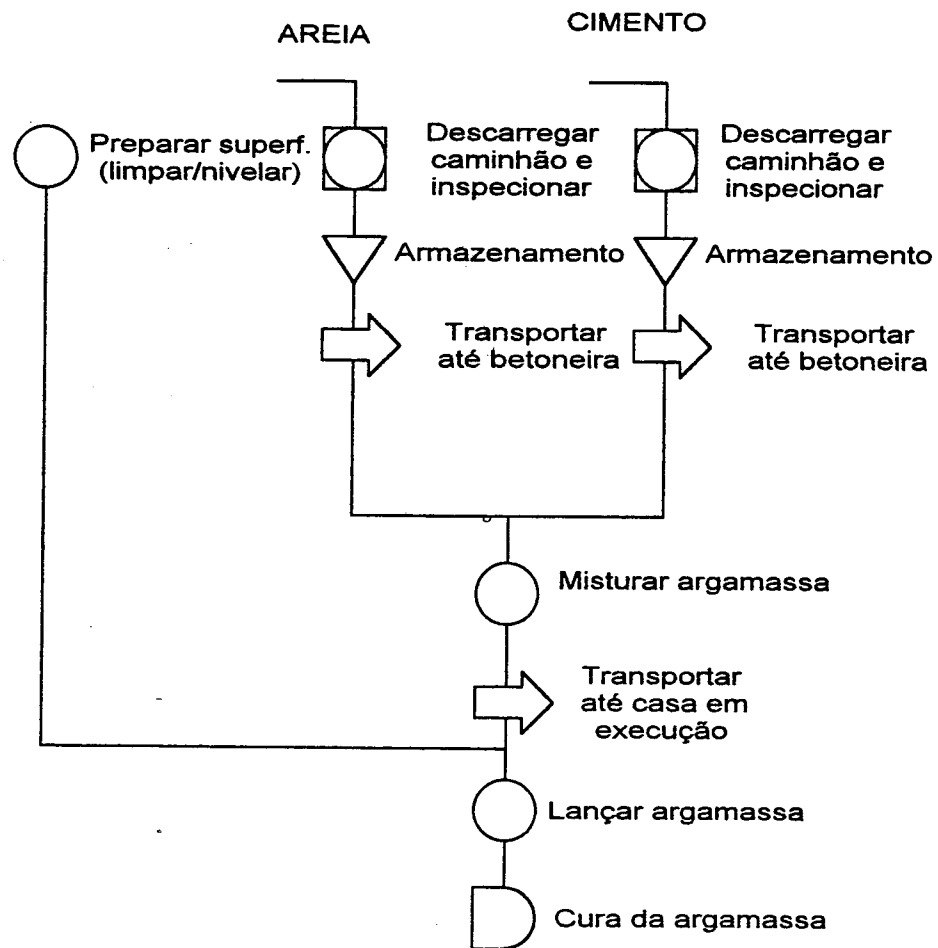


Fig. FP-T-29 - Cimentado para piso

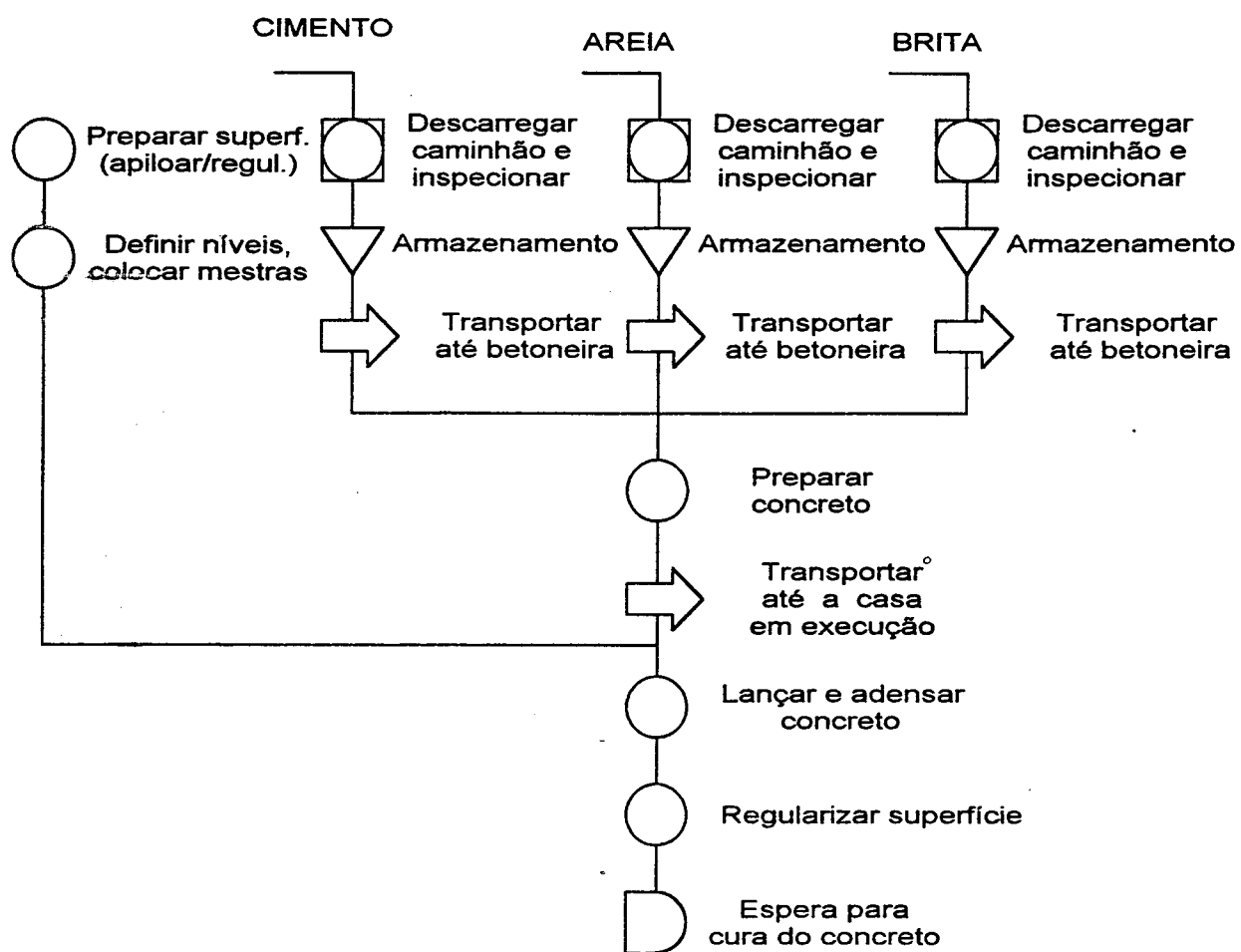


Fig. FP-T-30 - Calçada externa

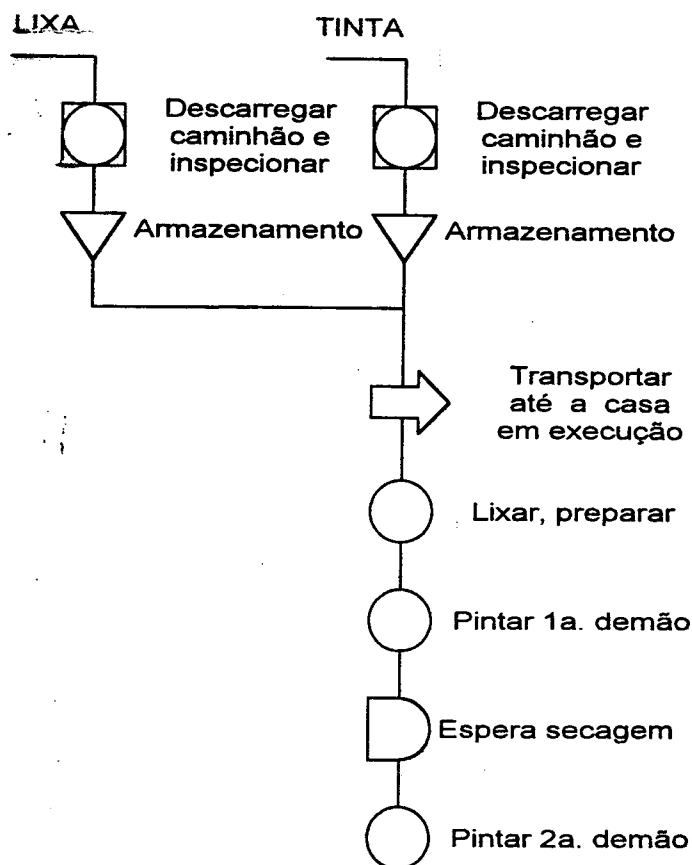


Fig. FP-T- 31 - Pintura em superfícies de madeira

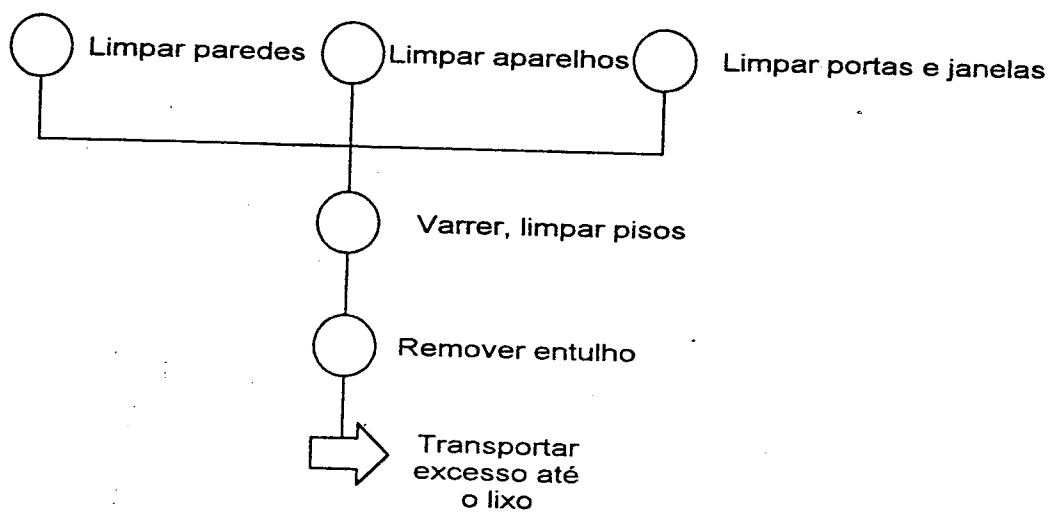


Fig. FP-T- 32 - Limpeza final

### Fluxogramas do processo - sistema construtivo Travablocos

Figura FP-B-1 - Fundação em radier

Figura FP-B-2 - Vedação I

Figura FP-B-3 - Vedação II

Figura FP-B-4 - Vedação III

Figura FP-B-5 - Rejunte de paredes

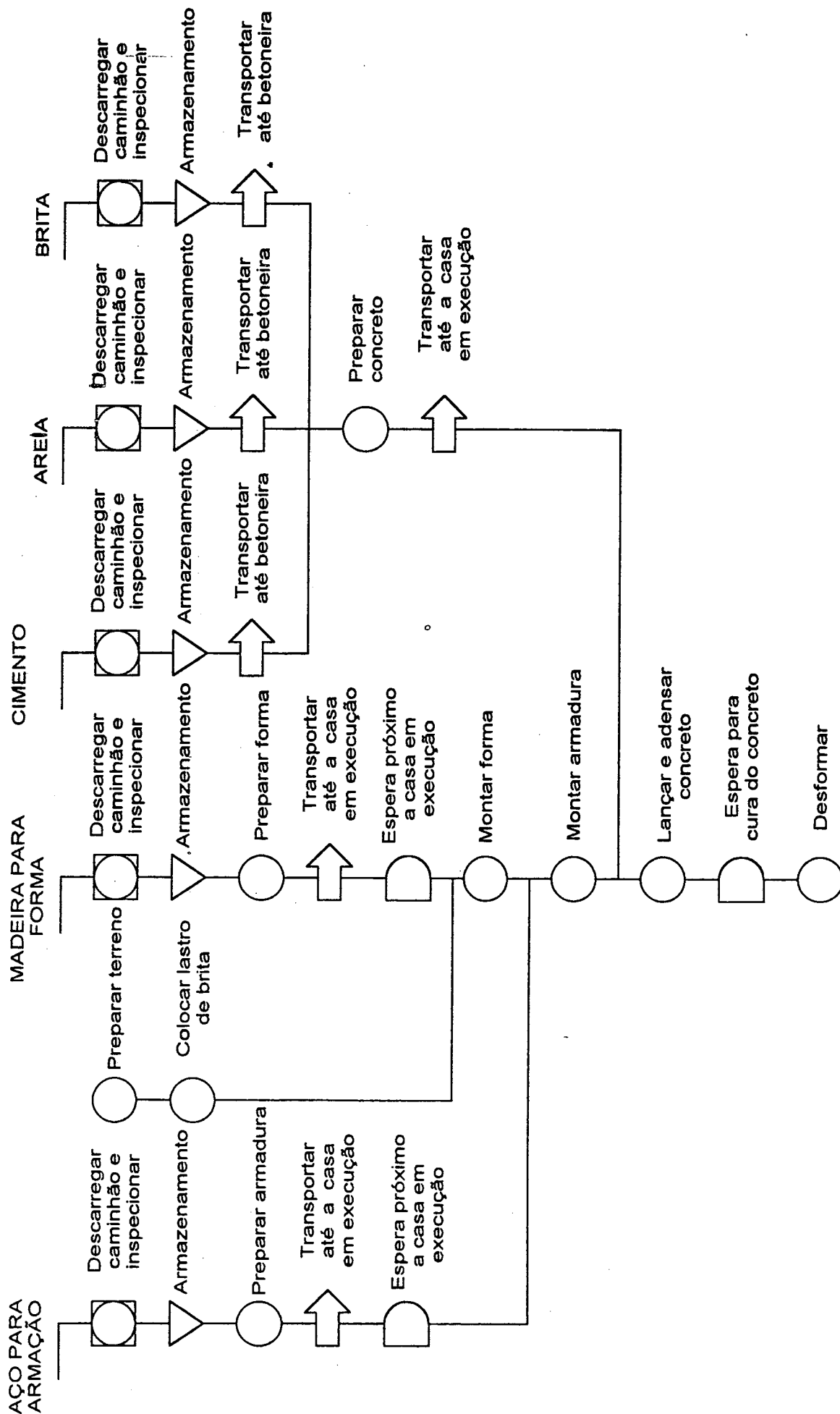


Fig. FP-B- 1 - Fundação em radier

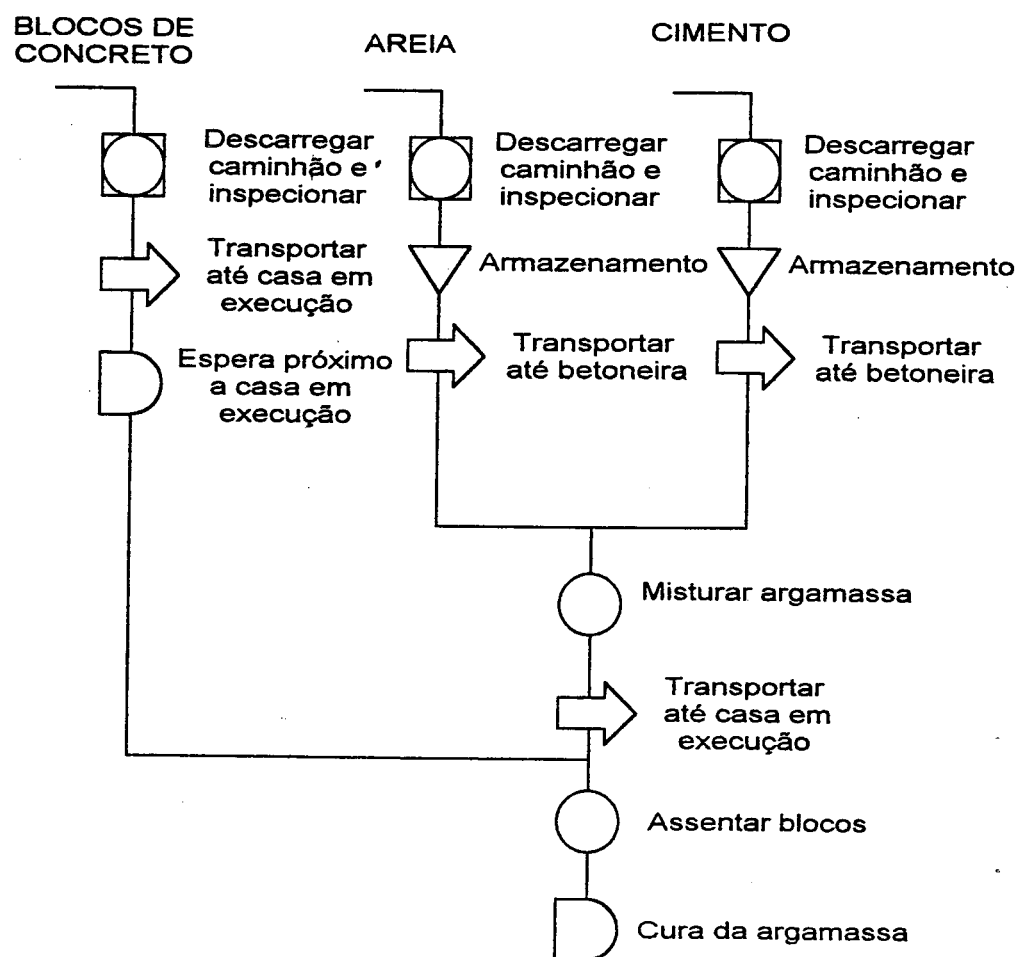


Fig. FP-B- 2 - Vedação I



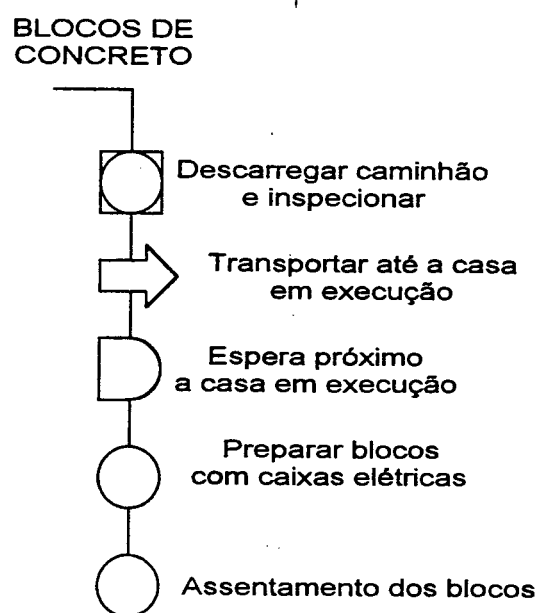


Fig. FP-B- 3 - Vedação II

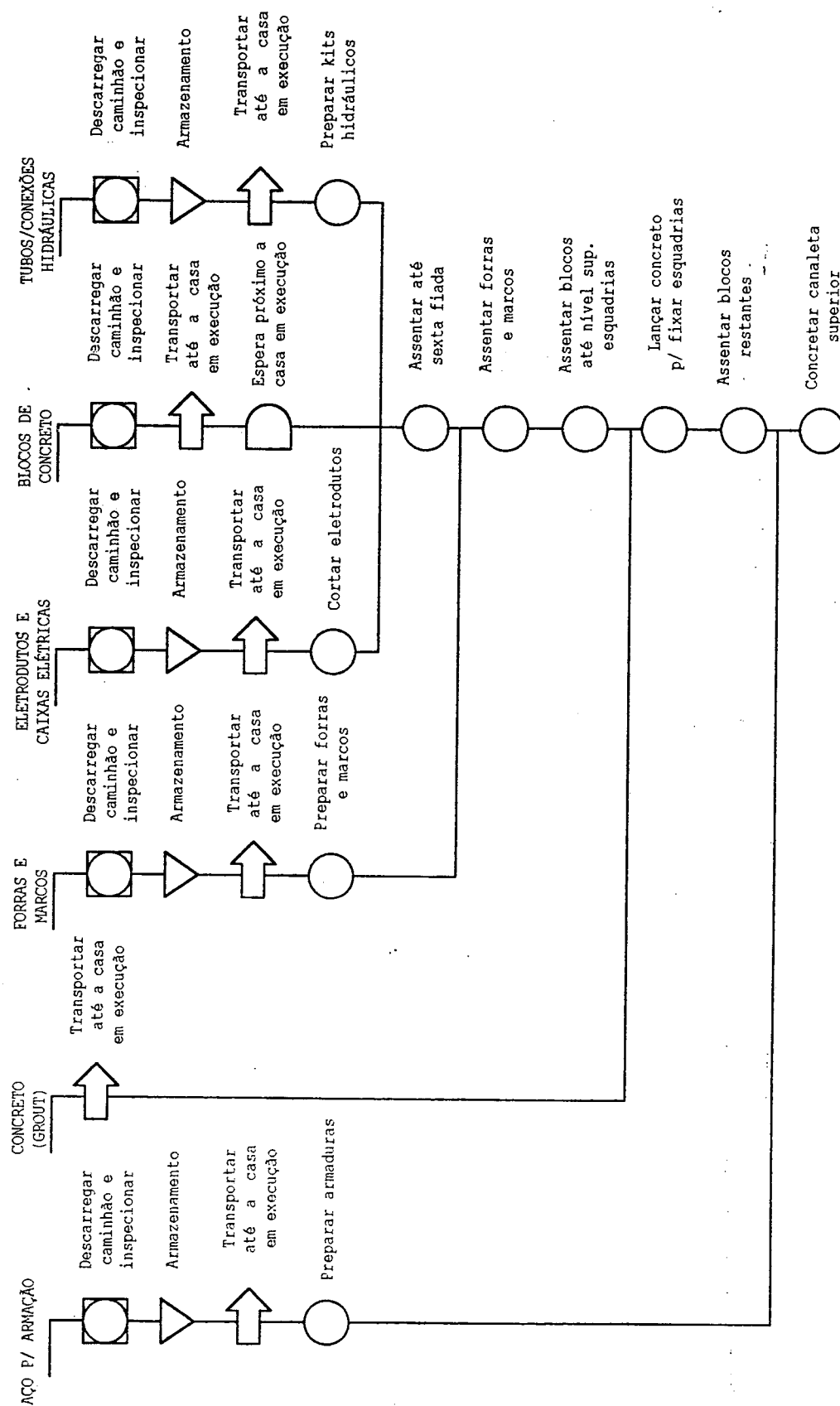


Fig. FP-B- 4 - Vedação III

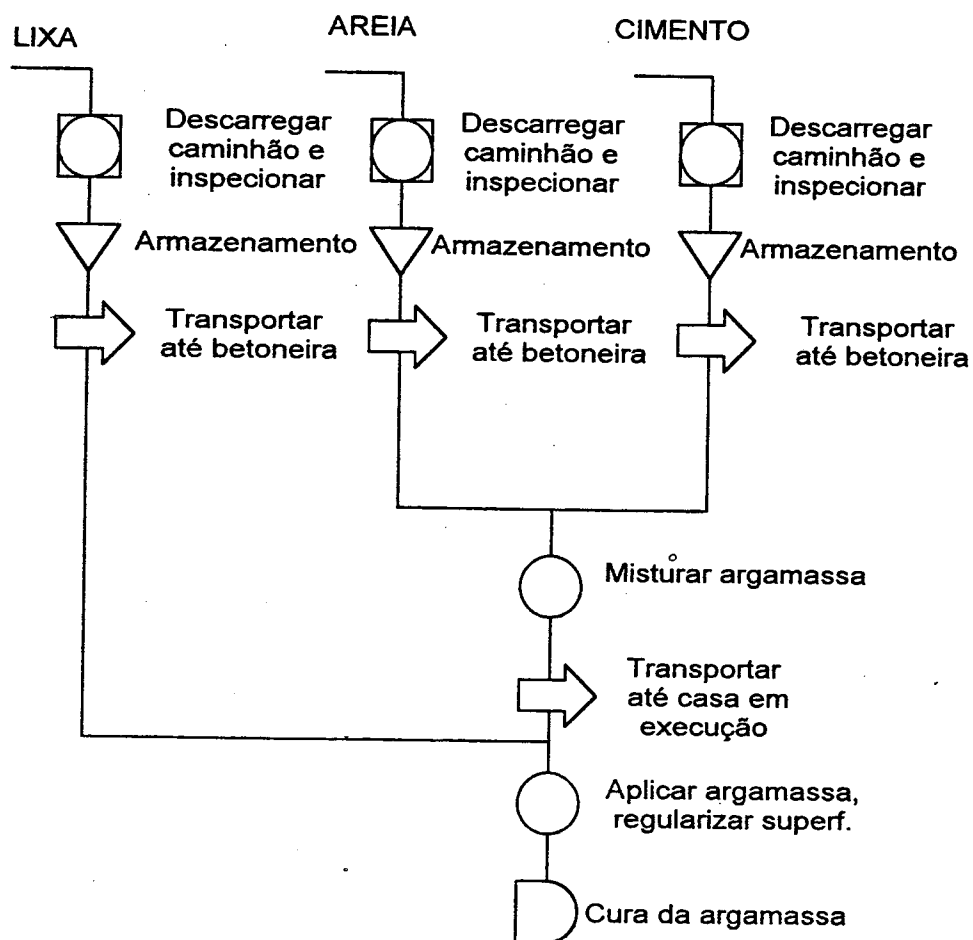


Fig. FP-B- 5 - Rejunte de paredes

**Fluxogramas do processo - sistema construtivo de peças pré-moldadas**

Figura FP-P-1 - Viga inferior

Figura FP-P-2 - Vedação I

Figura FP-P-3 - Vedação II

Figura FP-P-4 - Instalação de tubul./caixas elétricas

Figura FP-P-5 - Ramais de água fria

Figura FP-P-6 - Colocação de portas

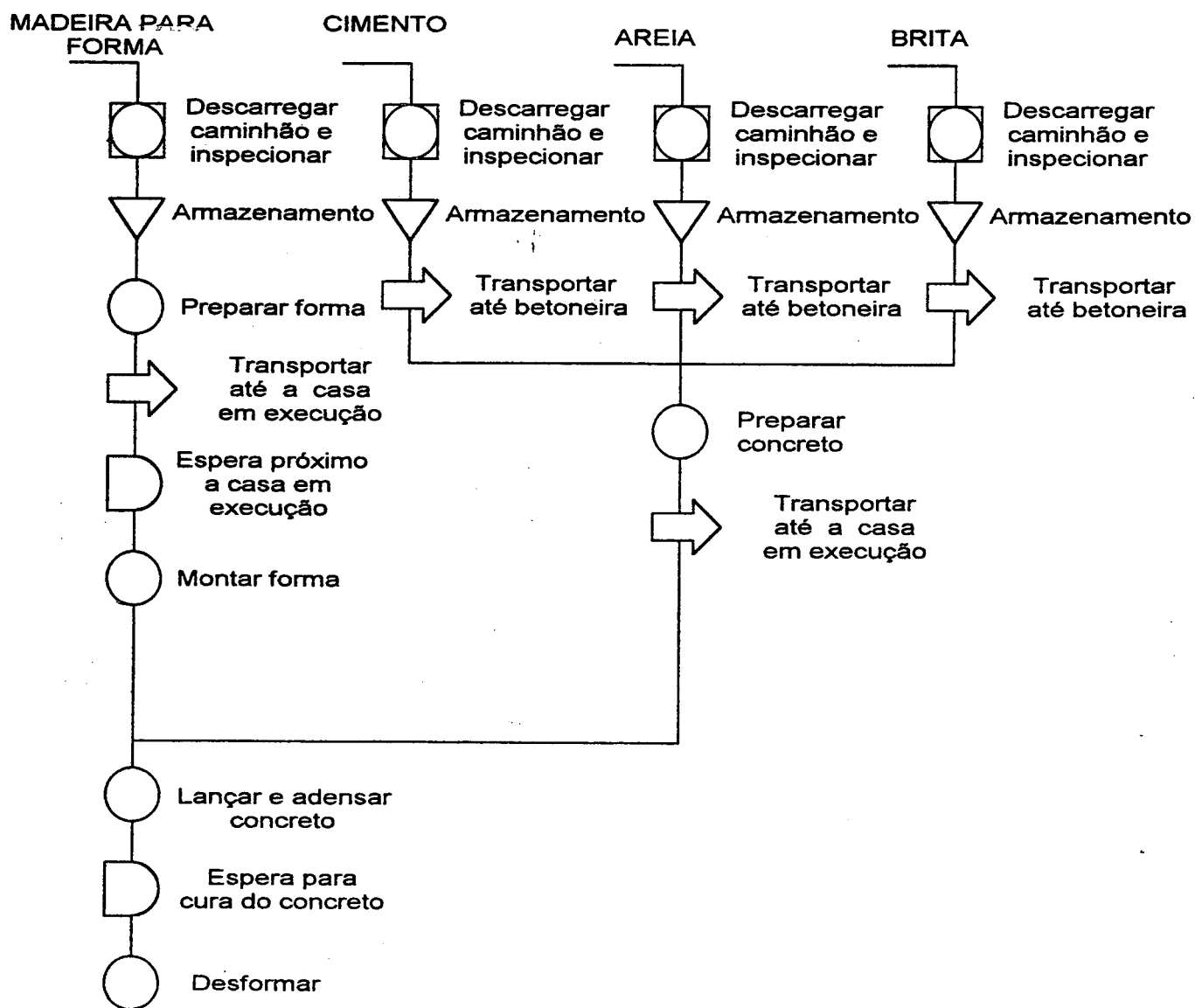


Fig. FP-P- 1 - Viga inferior

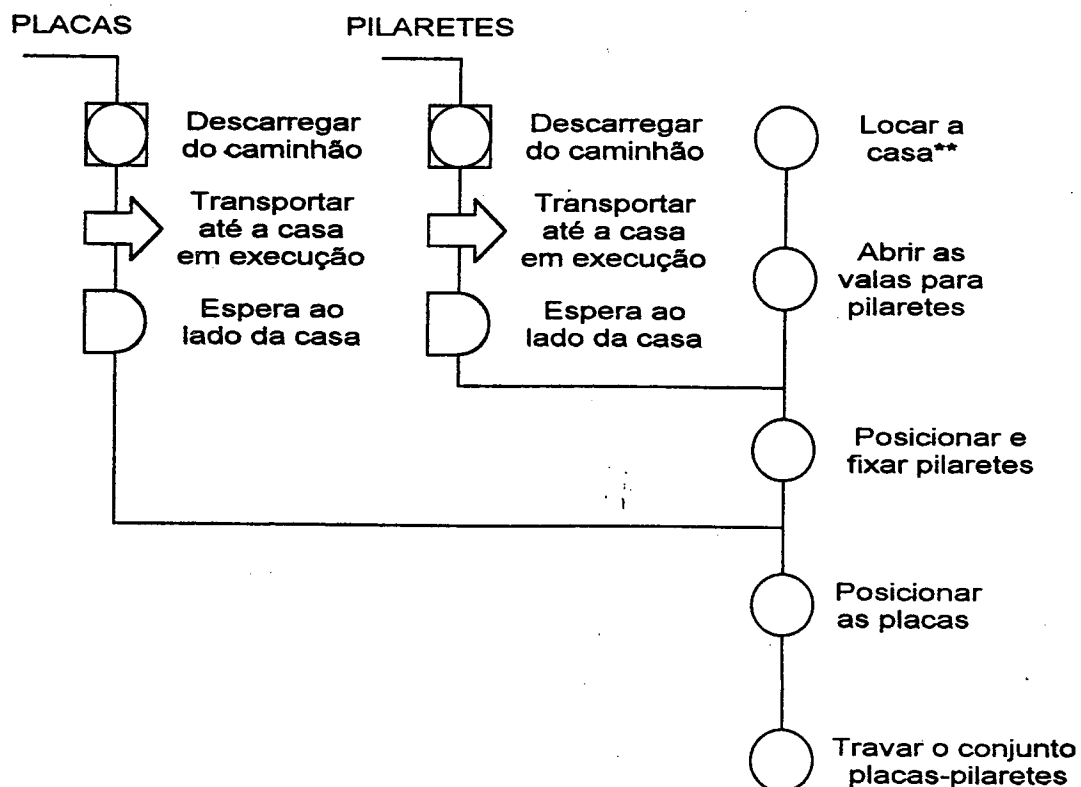


Fig. FP-P- 2 - Vedação I

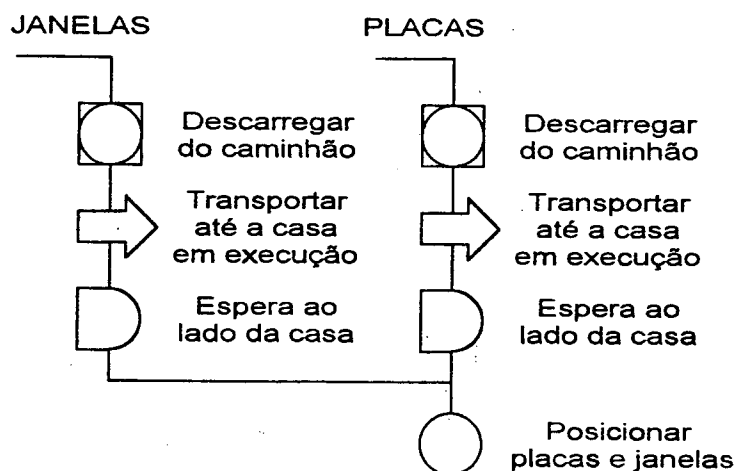


Fig. FP-P- 3 - Vedação II

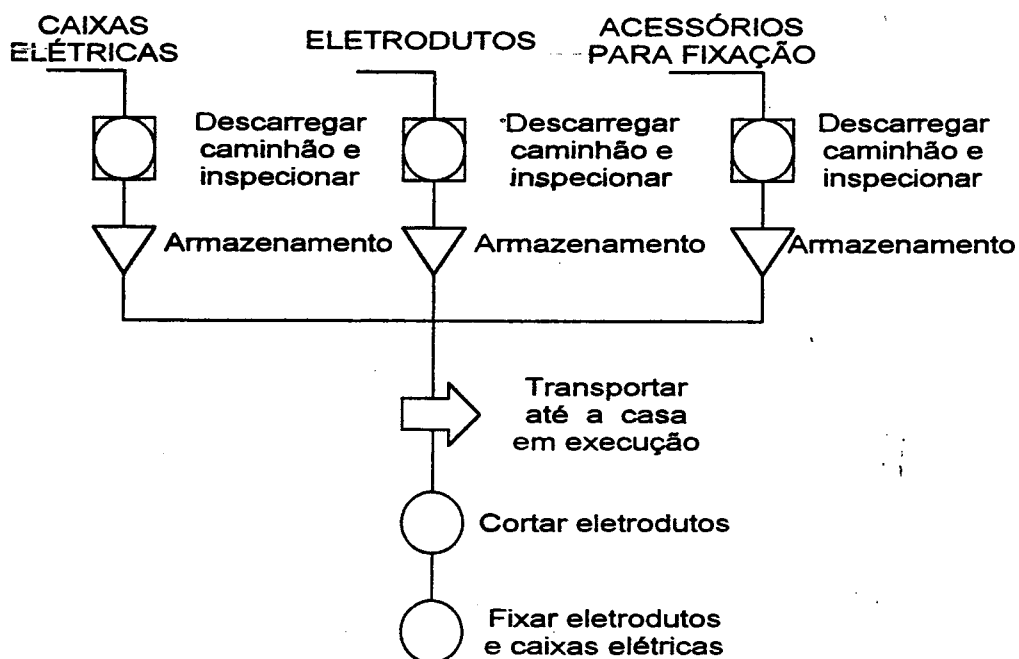


Fig. FP-P- 4 - Instalação de tubul./caixas elétricas

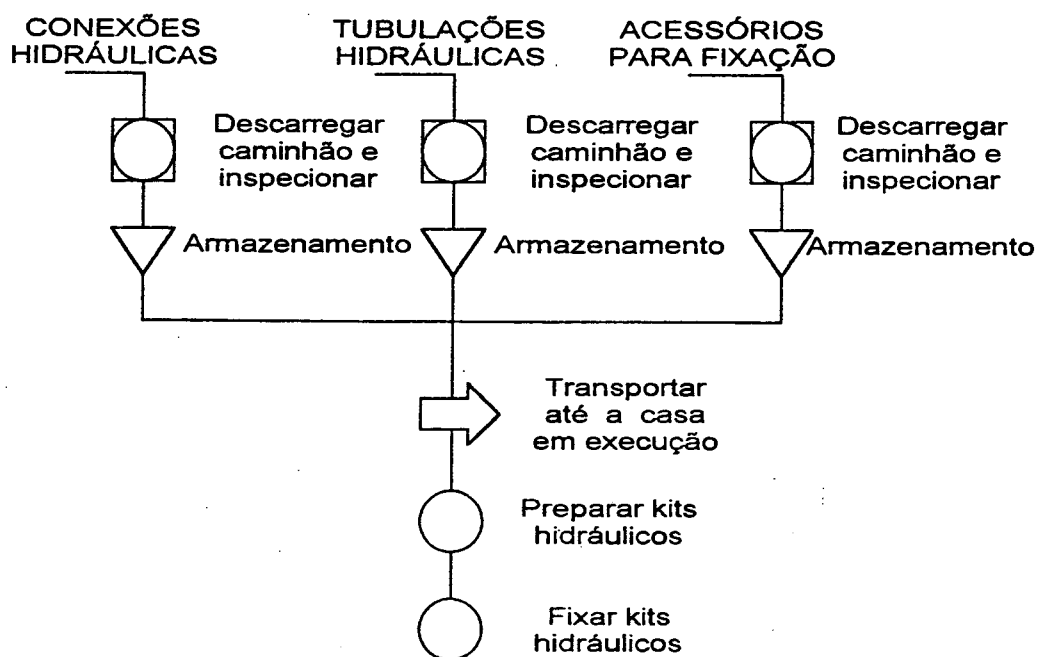


Fig. FP-P-5 - Ramais de água fria

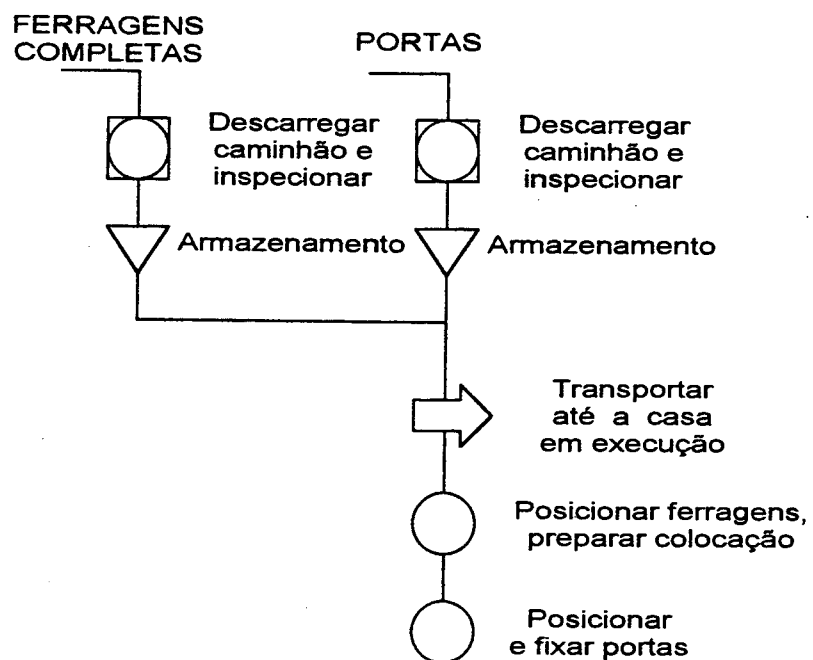


Fig. FP-P- 6 - Colocação de portas